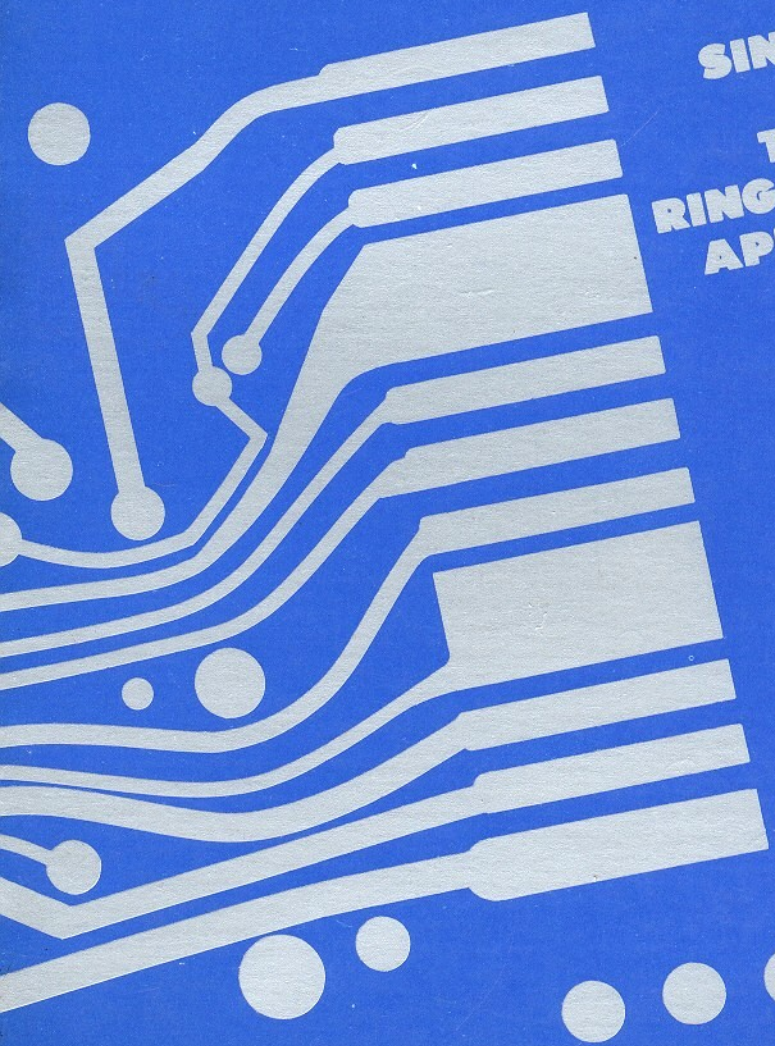
USANDO LINGUAGEM DE MÁQUINA

APLICAÇÕES EM ASSEMBLY Z80

MARIO SCHAEFFER

Para:
SINCLAIR
ZX-81
TS-1000
RINGO R-470
APPLY-300
CP 200
TK 82 C
AS 1000
TK 8
TK 8



EDITORA MODERNA

URANIA

USANDO LINGUAGEM DE MÁQUINA

APLICAÇÕES EM ASSEMBLY Z80

MARIO SCHAEFFER

EDITORA MODERNA

URANIA

Este livro foi editado pela
Urania Publicações
e Assessoria Pedagógica Ltda.
Os programas
foram digitados e testados
no Núcleo de Orientação de Estudos
sob a coordenação
da professora Betty Fromer Piazzi.

Avaliação e Revisão Técnica:
Pierluigi Piazzi e Nancy Mitie Ariga
Arte e Capa: Cassiano Roda
Pastup: Fátima Rossini e Osmère Sarkis

URANIA
Publicações e Assessoria Pedagógica Ltda.

PREFÁCIO

Como toda pessoa que sonhou (e sonha...) viajar pelo espaço, fico maravilhado quando, nos raros momentos que o ritmo alucinante dos nossos dias me permite, paro para meditar e admirar os fantásticos avanços da arte tecnológica... Os passos gigantescos e velozes que estamos dando nos colocam cada vez mais perto de um mundo até ontem pertencente à fantasia da ficção científica e que, aparentemente, deveria enobrecer a vida dos homens e tornar o mundo mais justo, um lugar melhor de se viver.

Um fato que obrigatoriamente deve estar presente para que este "sonho" aconteça, é que o conhecimento atinja todos os níveis sócio-econômicos da humanidade... a distribuição piramidal do conhecimento deve achatar-se cada vez mais! E, felizmente no mundo da informática, o carro-chefe desse turbilhão de inovações, apareceu um "pequeno" computador, do qual este livro explora mais uma de suas *infinitas* potencialidades... É impressionante notar como um computador de fácil acesso se espalhou pelo mundo e deu asas à imaginação de *milhões* de pessoas... E aqui, a magia da linguagem de máquina é apresentada com exemplos aplicativos de rara beleza possibilitando a excitação da imaginação, abrindo muitas portas novas que conduzem a caminhos de evolução sem fim, que apenas esperam por alguém para explorá-las...

Enfim, parece que temos na mão a "revolução"... No entanto, deixo no ar perguntas para as quais ainda não encontrei uma resposta: por que os momentos de meditação são tão raros e sufocados por essa enorme roda viva? Por que esquecemos tão facilmente que estamos num pequeno barquinho a navegar pelo espaço com um limitado reservatório de água que continuamos a estragar? Por que as manchetes de jornais, retratos de nossa vida, são sempre as mesmas histórias de terror, tristeza e injustiça? Já li que a resposta é o conhecimento... Já li que a a resposta é o amor... Eu considero a tecnologia uma arte, e arte só existe com amor e conhecimento! E um livro, espontâneo como este, sem dúvida contribuirá para o crescimento desta flor...

FLAVIO ROSSINI

Estas linhas, as últimas a serem escritas neste livro, são para agradecer ao Pierluigi, pela idéia do livro e pelo apoio e sugestões dados durante sua execução; à minha mulher, Márcia, pela infinita paciência e pelos conselhos quanto à forma, bem como pela datilografia inicial; aos meus filhos, André e Eduardo, pelo estímulo.

Mario

INTRODUÇÃO

Este livro destina-se àqueles leitores interessados em explorar o seu microcomputador através do uso da linguagem de máquina. Presume-se que o leitor já conheça as instruções de máquina do microprocessador Z-80 e que tenha um microcomputador compatível com o ZX-81 da SINCLAIR, ou seja, RINGO, NEZ-8000, TK-82, TK-83, TK-85, CP-2000, TIMEX 1000, etc.

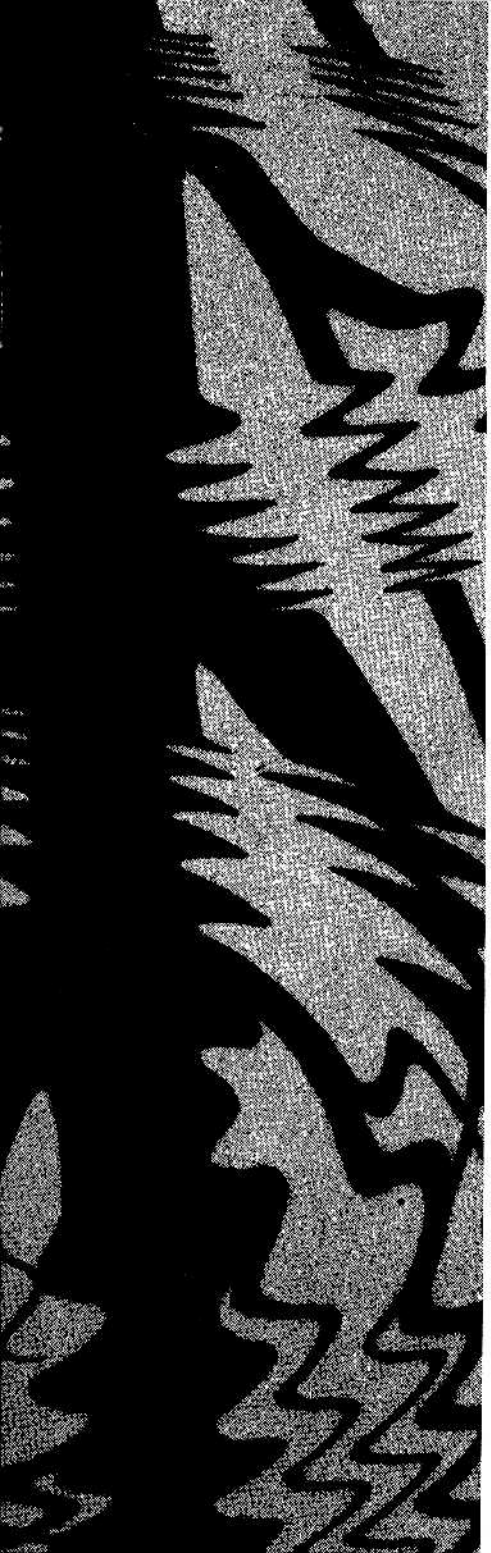
Há uma vasta bibliografia sobre essa classe de máquina, mas muito pouca coisa foi escrita de forma a efetivamente conduzir o interessado do simples conhecimento das instruções do Z-80 ao uso prático das mesmas. Assim sendo, procuramos apresentar a matéria partindo do mais simples programa possível até um ponto que dará ao leitor a necessária auto-confiança para, então, desenvolver seus próprios programas.

Praticamente todos os programas apresentados neste livro podem ser rodados com 1K de memória RAM, e em nenhum caso serão necessários mais do que 2K.

1.ª PARTE

2.ª PARTE

APÊNDICES



1ª PARTE

DOS PRIMEIROS PASSOS ÀS SUB-ROTINAS DE CÁLCULO

OS PRIMEIROS PASSOS 1

Toda pessoa que resolve estudar linguagem de máquina esbarra inicialmente no terrível dilema: "Devo ou não ir adiante?", tamanha é a complexidade e hermeticidade dessa linguagem quando comparada ao BASIC. Realmente, o homem vem, desde o primeiro computador, criando linguagens de nível cada vez mais alto, e já criou centenas delas, justamente para que o usuário não precisasse entender tão profundamente a máquina e as firmas pudessem operar seus computadores com pessoal menos especializado e, portanto, mais barato.

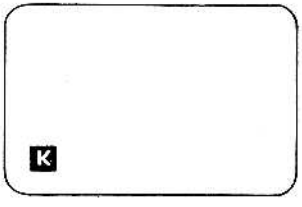
O BASIC é um belo exemplo dessa tendência. No entanto — e aqui procuramos dar uma boa dose de estímulo ao leitor ainda hesitante —, no caso de microcomputadores que são normalmente de uso pessoal, a linguagem de máquina oferece vários atrativos, tais como:

- aumenta enormemente a velocidade de processamento, permitindo, assim, a realização de programas impossíveis de serem rodados em linguagens de alto nível;
- economiza memória, fator importante principalmente em máquinas do porte dessa que estamos abordando;
- finalmente, para aqueles que sentem um sabor de "hobby" ao utilizar o seu micro, a linguagem de máquina é muito mais positiva e dá uma sensação de domínio maior da máquina, ou, em outras palavras, é mais "gostosa" de ser usada.

Ao se aprender uma língua, passa-se normalmente por uma fase inicial mais teórica, que é a da gramática, com todos os problemas de sintaxe, caso, gênero, número, etc. (que, em nosso caso corresponde exatamente ao repertório de instruções do Z-80). Depois, fazem-se os primeiros exercícios e uso efetivo da língua e, finalmente, ao dominá-la, começa-se a pensar nesta língua. No caso de linguagem de computador ocorre um fenômeno muito semelhante inicialmente, estudam-se as áridas instruções da linguagem de máquina; depois, procura-se adaptar a solução da linguagem que conhecemos para a de máquina, até que, finalmente, ao se abordar um problema novo, já se começa a buscar uma solução pensando nos recursos da linguagem de máquina. Pretendemos, pois, que o leitor, razoável conhecedor de "gramática", percorra conosco este livro e, ao final, nos abandone já "pensando" em linguagem de máquina.

INÍCIO 2

O Sinclair, como quase todos os micros pessoais, foi criado para rodar programas em BASIC. Dessa forma, ao se ligar a máquina, ela entra no programa armazenado em sua ROM e percorre uma série de sub-rotinas de iniciação e verificação do tamanho da memória e, ao final, quando coloca o cursor à nossa disposição, já está em BASIC. Assim, para irmos para a linguagem de máquina, temos que usar — e não existe outra forma — a função USR X, onde X, um valor entre 0 e 65535, é o endereço inicial do programa em linguagem de máquina.



Quando o cursor é colocado à disposição, o computador já está esperando o BASIC

Existem várias maneiras de se armazenar programas em linguagem de máquina na RAM, cada uma apresentando suas particularidades. Entre as várias alternativas, optamos pelo uso da instrução REM. Assim sendo, todos os programas em linguagem de máquina apresentados neste livro estão colocados na primeira linha do programa BASIC, que é uma instrução REM. Por conseguinte o leitor, ao fazer um programa em linguagem de máquina, deve calcular quantos "bytes" o programa ocupa e colocar, como primeira instrução do programa (não importa o número dessa linha), a instrução REM seguida de no mínimo tantos caracteres (qualquer caracter pode ser usado para esse fim) quantos são os "bytes" do programa na linguagem de máquina (veja apêndice A).

O passo seguinte é escrever nessa instrução REM o programa. Ora, como o endereço na RAM do início da área de programa é 16509, se se colocar como primeira instrução REM, teremos a seguinte ocupação para os primeiros "bytes" do programa em BASIC:

16509 16510	número da linha
16511 16512	comprimento da instrução
16513	código da instrução (no caso de REM será 234)
16514	primeiro "byte" do programa em linguagem de máquina

Para carregar um programa escrito em linguagem de máquina nessa instrução REM recomendamos o programa em BASIC apresentado a seguir. Se o leitor tiver expansão, poderá optar por programas bem mais sofisticados, apresentados na bibliografia. Recomendamos a gravação desse programa em fita, pois ele terá que ser usado toda vez que se tiver que carregar um programa em linguagem de máquina.

```
   1 REM 0000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000
8990 STOP
9000 INPUT A$
9010 FOR J=1 TO LEN A$-1 STEP 2
9020 POKE 16514+INT (J/2),16*COD
E A$(J)+CODE A$(J+1)-476
9030 NEXT J
9040 STOP
9900 SAVE "MESTRE"
9910 STOP
```

A instrução do REM está colocada na linha 0 por duas razões: para garantir ser a primeira linha do programa BASIC e evitar sua edição e possível apagamento. Para colocar 0 no número dessa linha, entre inicialmente com a instrução na linha 1 e faça, depois, POKE 16510,0. A instrução STOP em 8990 isola esse programa dos que venham a ser criados. A instrução em 9000 faz entrar uma "STRING", que é o programa em linguagem de máquina escrito em hexadecimal. Como para cada "byte" do programa temos dois dígitos hexadecimais — um, o mais significativo, numa posição ímpar da "STRING", e outro, menos significativo, numa posição par —,

fazemos, na instrução 9010, o "J" apontar sempre para o dígito mais significativo de cada "byte" do programa e convertemos o código de hexadecimal em decimal, pois é assim que a máquina exige que esteja o dado a armazenar na instrução "POKE". Como os códigos dos caracteres de 0 a F são seqüências e começam em 28, temos que subtrair 476 para obter o valor decimal do "byte", ou seja, temos que descontar $16 \times 28 + 28 = 476$ (veja apêndice B).

Bem, agora estamos preparados para começar a escrever programas. Como já dissemos, a função USR é a que nos transporta do BASIC para a linguagem de máquina. Quando o interpretador BASIC se depara com essa função, ele pega o argumento da mesma e coloca no par de registradores BC, pulando, a seguir, para o endereço indicado por esse argumento.

De outro lado, para voltarmos para o BASIC, temos que usar uma das instruções de RETurn (RET). Mais tarde veremos que nem toda instrução RET faz voltar para o BASIC, pois podemos ter sub-rotinas dentro do programa em linguagem de máquina.

Da mesma forma, quando o programa volta para o BASIC, ele traz no par de registradores BC um valor que é o resultado da função USR aplicada ao argumento X. Vamos entender isso melhor: imagine um programa em BASIC que, a certa altura, tenha a seguinte linha:

```
510 LET L=USR 16514
```

O interpretador BASIC vai fazer a variável L igual ao resultado da aplicação da função USR ao argumento 16514. Os seguintes eventos então ocorrem:

— o programa sai do BASIC e vai para o endereço 16514, levando no par de registradores BC o valor 16514;

— o programa em linguagem de máquina, com início nesse endereço, é executado até a instrução de RETURN, quando então, o valor que estiver no par de registradores BC volta para o BASIC como sendo o resultado da função USR.

Normalmente, não nos interessa o resultado da função USR, mas, sim, o que o programa em linguagem de máquina faz. Os programas em linguagem de máquina serão apresentados neste livro de acordo com o esquema abaixo:

End. (decimal)	End. (hexadecimal)	Rótulo	Instrução mnemônica	Cód. inst. (hexadecimal)	Nota

Os endereços decimal e hexadecimal, bem como o Rótulo e a Nota existirão ou não, dependendo da instrução.

Vamos, então, escrever o nosso primeiro programa:

```
16514    RET    C9
```

Usamos o programa "MESTRE" para carregar o programa em linguagem de máquina na instrução REM, e, para rodá-lo, temos duas opções: através de um comando direto como RAND USR 16514, ou PRINT USR 16514, ou, então, colocamos uma instrução no BASIC como:

```
10 PRINT USR 16514
```

e fazemos RUN. O que vamos obter como resultado é o número 16514 escrito na tela, pois o par de registradores BC foi carregado com o endereço 16514 e, como não existe instrução alguma alterando o conteúdo desses registradores, o resultado é o próprio valor 16514.

Como segunda experiência, façamos o seguinte:

```
16514    LD B,0     0600
         RET        C9
```

A resposta agora é 130. Por quê?

Ora, o par BC foi carregado pela instrução USR com 16514 ou 4082, em hexadecimal, isto é (B) = 40H = 16384 e (C) =82H = 130. Como fazemos (B) = 0 com a instrução LDB, 0, então voltando para o BASIC teremos 130, que é o conteúdo de C.

O programa que segue lê o conteúdo de duas posições de memória carregadas pelo BASIC, faz a soma e coloca o resultado no par de registradores BC:

```
16514  (4082)     ...                  00
16515  (4083)     ...                  00
16516             LD A,(16514)         3A8240   (A) = X
                  LD H,A               67       (H) = X
                  LD A,(16515)         3A8340   (A) = Y
16523             ADD A,H              8C
                  LD C,A               4F
                  LD A,0               3E00
                  ADC A,A              8F
                  LD B,A               47
                  RET                  C9
```

As posições de memória 16514 e 16515 foram reservadas para receber os números a serem somados; em seguida, o acumulador é carregado com o primeiro número (X) e o conteúdo de A transferido para H. Em 16523, fazemos a soma de X e Y e, em seguida, o resultado é transferido para C. As três instruções seguintes carregam o registrador B com 1 se houver "carry" na soma, isto é, se ela for maior que 255, e 0, se não houver "carry".

Para rodar essa rotina, use o programa em BASIC abaixo:

```
10 PRINT "X=";
20 INPUT X
30 PRINT X
40 POKE 16514,X
50 PRINT "Y=";
60 INPUT Y
70 PRINT Y
80 POKE 16515,Y
90 PRINT USR 16516
```

Repare-se que, desta vez, o argumento de USR é 16516, pois o programa começa efetivamente nessa posição, uma vez que em 16514 e 16515 estamos armazenando dados.

Aproveitando o programa anterior em BASIC, façamos agora a multiplicação de X por Y.

```
16514  (4082)          ...          00
16515  (4083)          ...          00
                  LD A,(16514)      3A8240
                  LD B,A            47
                  CP A,0            FE00
                  JR Z    (A)       2810
                  LD HL,0           210000
                  LD D,0            1600
                  LD A,(16515)      3A8340
                  LD E,A            5F
             (B)  ADD HL,DE         19
                  DJNZ    (B)       10FD
                  LD B,H            44
                  LD C,L            4D
                  JR      (C)       1803
             (A)  LD BC,0           010000
             (C)  RET               C9
```

O programa inicialmente verifica se o conteúdo de 16514 é zero. Se for, pula para o final, uma vez que a resposta é zero. Se não for, carrega o registrador B com esse valor, para servir de contador da instrução DJNZ. Isto é, soma o conteúdo de DE (previamente carregado com o valor de Y) em HL (inicialmente nulo) tantas vezes quantas for o número X. Finalmente, transfere o resultado de HL para BC, a fim de retornar com a resposta para o BASIC.

Vejamos, ainda nesta parte inicial, mais dois pequenos programas. No primeiro, calculamos o fatorial de um número e, no segundo, usamos de outra forma o resultado de USR X.

No cálculo do fatorial de N, carrega-se, através do BASIC, o número desejado na posição de memória 16507 (407B). No capítulo seguinte, vamos ver porque usamos essa posição para guardar dados.

O programa em linguagem de máquina começa lendo o valor N e verificando se é zero ou não. Se for zero, o programa volta para o final, onde é colocado 1 como resposta. Isso é feito porque o fatorial de 0 vale 1 por definição, não seguindo o algoritmo de cálculo do fatorial. Como vamos obter a resposta do fatorial através do par de registradores BC, o maior N possível é 8, cujo fatorial dá 40320.

O cálculo de fatorial é feito multiplicando-se o valor N por N-1, usando o método descrito no programa anterior. O resultado que fica no par de registradores HL é transferido para o par DE e, fechando o "loop", multiplicado por N-2 e, assim, sucessivamente, até que N-P = 0, quando a resposta é transferida para o par de registradores BC e retorna para o BASIC. Vamos ver, passo a passo:

16514	LD A,(16507)	3A7B40	**Carrega N no acumulador.**
	CP A,0	FE00	**Compara N com 0.**
	JRZ (A)	2819	**Salta 25 "bytes" se N = 0.**
	LD HL,0	210000	**Zera o par HL para a multiplicação.**
	LD D,0	1600	**Carrega o par DE com N.**
	LD E,A	5F	
	DEC A	3D	**Decrementa A.**
	JRZ (A)	2810	**Salta para o final se N−1 = 0, i. é, se N=1.**
(C)	LD B,A	47	**Carrega B com N−1, que é o contador da instrução DJNZ**
(B)	ADD HL,DE	19	**Soma N, N−1 vezes,**
	DJNZ (B)	10FD	**i. é, faz N(N−1)**
	PUSH HL	E5	**Troca o conteúdo do**
	POP DE	D1	**HL para DE**

	LD HL,0	210000	Zera HL, preparando para a próxima multiplicação.
	DEC A	3D	Acha o novo valor de B para o "loop" de multiplicação.
	JRNZ (C)	20F4	Volta ao "loop" de multiplicação se o contador B for diferente de zero.
	PUSH DE	D5	Coloca a resposta no par BC para a volta ao BASIC.
	POP BC	C1	
	JR (D)	1803	
(A)	LD BC,1	010100	Carrega BC com 1.
(D)	RET	C9	Retorna ao BASIC.

Para rodar esse programa, utiliza-se, em BASIC, o que segue:

```
10 PRINT "N=";
20 INPUT N
30 PRINT N
40 POKE 16507,N
50 PRINT USR 16514
60 GOTO 10
```

O próximo programa utiliza o resultado da função USR X de forma diferente daquela que temos usado até agora. O programa, muito simples, verifica se um número é par ou ímpar, analisando a posição 0 do acumulador, onde foi carregado o número dado. Se o acumulador for par, então o "bit" 0 será 0, o que faz a instrução seguinte JRZ verdadeira. Então, dependendo se o número é par ou ímpar, carrega-se o par de registradores BC com os valores 70 ou 90, respectivamente, que são exatamente os números das linhas no programa em BASIC onde estão as mensagens "É PAR" e "É IMPAR". Assim, estamos usando a função USR X associada à instrução GOTO. Aqui também usamos a posição de memória 16507, para guardar o número dado.

É o seguinte o programa em linguagem de máquina:

```
16514   LD A,(16507)      3A7B40   Carrega o acumulador
                                   com o número dado N.
        BIT 0,A           CB47     Analisa o "bit" menos
                                   significativo de A.
        JRZ (A)           2804     Salta se o "bit" 0 de
                                   A for 0.
        LD BC,90          015A00   Carrega BC com 90, se
                                   N for ímpar.
        RET               C9       Retorna ao BASIC.
   (A)  LD BC,70          014600   Carrega BC com 70, se
                                   N for par.
        RET               C9       Retorna ao BASIC.
```

O programa em BASIC é o seguinte:

```
 10 PRINT "ENTRE COM O NUMERO"
 20 INPUT N
 30 CLS
 40 PRINT N;
 50 POKE 16507,N
 60 GOTO USR 16514
 70 PRINT " E■ PAR"
 80 GOTO 10
 90 PRINT " E■ IMPAR"
100 GOTO 10
```

Finalmente, como é de praxe em livros que tratam de linguagem de máquina, vamos mostrar dois programas que bem demonstram a velocidade com que se consegue fazer o PRINT. O primeiro programa utiliza uma sub-rotina do ROM que será mais adiante explicada. O segundo programa só pode ser rodado em computadores com mais de 3,5K de RAM. Esse segundo programa é bem mais poderoso do que o primeiro, e recomendamos ao leitor rodá-lo em SLOW e FAST e comparar com o tempo gasto por um programa similar em BASIC. Se o leitor ficou ansioso por ver esse segundo programa rodando em seu computador e se esse dispõe somente de 1K ou 2K de RAM, damos um programa que vai permitir rodar essa segunda demonstração do PRINT.

O primeiro programa é simplesmente:

```
16514   LD A,128          3E80
   (A)  RST 16            D7
        JR (A)            18FD
```

Para rodá-lo, basta fazer RAND USR 16514.
O segundo programa é o seguinte:

```
16527   LD HL,(16396)    2A0C40
        INC HL           23
        LD A,128         3E80
        LD C,22          0E16
   (B)  LD B,32          0620
   (A)  LD (HL),A        77
        INC HL           23
        DJNZ (A)         10FC
        DEC C            0D
        RET Z            C8
        INC HL           23
        JR   (B)         18F5
```

Para aqueles que têm menos do que 3,5K de RAM, damos a seguir uma rotina que prepara a memória RAM para essa segunda demonstração.

```
16514   LD A,0           3E00
        LD C,4           0E04
   (B)  LD B,176         0680
   (A)  RST 16           D7
        DJNZ (A)         10FD
        DEC C            0D
        JRNZ (B)         20F8
16526   RET              C9
```

A parte em BASIC é a seguinte:

```
10 RAND USR 16514
20 INPUT X$
30 RAND USR 16527
```

O programa pára na linha 20, já com a memória preparada para a rotina que começa em 16527, aguardando uma entrada. Aperta-se, então, NEW LINE, a tela se enche de preto. Rápido, não é?

IDÉIAS PARA MONTAR UM PROGRAMA 3

Escrever um programa em linguagem de máquina é bem diferente do que escrever um programa em BASIC ou em qualquer linguagem de alto nível, e as principais razões são as seguintes:

- as instruções em linguagem de máquina são bem mais elementares que as instruções em BASIC. Por essa razão, o programa tem que ser dissecado muito mais que em BASIC;
- o programador determina completamente o andamento do programa, tendo que se preocupar com todos os detalhes, tais como a locação de espaços na memória para o programa e para os dados, áreas de manobra, etc.
- como em linguagem de máquina comanda-se diretamente o microprocessador, pequenos erros costumam ter conseqüências catastróficas, levando o programa, na maioria das vezes, à auto-destruição.

Em outras palavras, quando se programa em linguagem de máquina, fica-se totalmente exposto aos erros do programa, contrariamente ao que ocorre com as linguagens de alto nível. Numa linguagem de alto nível como o BASIC, os interpretadores preocupam-se com erros de sintaxe e, quando uma falha ocorre ao rodar o programa, param a execução sem destruir o programa, emitindo ainda um relatório (normalmente codificado), indicando o tipo de erro e a linha em que o mesmo ocorreu.

A conclusão é que devemos ser ultra meticulosos ao elaborarmos um programa em linguagem de máquina se quisermos programar rapidamente e com confiabilidade.

As recomendações que damos a seguir, se bem que possam parecer óbvias e desnecessárias, mostram-se na prática de enorme utilidade:

- Analise profundamente o problema, pensando exclusivamente nos elemenmentos do problema e não em um possível método de solução. Por exemplo, quando se trata de implementar jogos, é fundamental se estabelecer as regras e a lei de formação das jogadas ou movimentos.
- Determine os elementos fundamentais do problema, tais como velocidade de execução, necessidade ou não de movimentos rápidos na tela, número de variáveis, dados do problema, etc.

- Tendo já analisado todos os aspectos conceituais do problema, verifique a conveniência de se fazer o programa em linguagem de máquina.
- Uma vez definido que se trata de uma programação em linguagem de máquina, faça um diagrama de blocos do problema onde apareçam claramente os pontos em que devem ser tomadas decisões, pontos onde o usuário deve entrar com dados, pontos onde algo vai ser escrito na tela. Determine, também, o andamento do tempo, ou seja, se alguma sub-rotina ou mesmo o programa todo deve fluir sincronizado com o tempo real, ou se a velocidade de andamento do programa deve ser feita de outra forma, como, por exemplo, usando contadores para gerar atrasos.
- Determine todas as variáveis envolvidas no problema, inclusive os dados. Determine para cada variável a gama de variações da mesma, isto é, numérica ou alfanumérica; se numérica, pode ela ser representada por um número inteiro ou não. Se puder ser representada por um número inteiro, é ela sempre positiva ou não? Finalmente, no caso de ser um número inteiro positivo, tem-se que saber se ele é menor que 256 (1 "byte"), menor que 65536 (2 "bytes"), ou, se for maior que 65535, terá então que ser representado por vários "bytes" ou por uma variável em ponto flutuante.
- Feito tudo isso, determine as regiões da memória RAM onde vão ser guardados os dados do problema, as variáveis usadas na solução do problema e o programa em si. Lembre-se que os dados ou variáveis não podem estar no meio do programa, pois seriam interpretados como instruções e não como dados.
- Nesse ponto, comece a escrever o programa seguindo o esquema do diagrama de blocos e colocando em cada bloco o endereço do início do segmento de programa que implementa a função do bloco. Isso vai ser muito útil mais tarde, para achar falhas no programa.
- Ao final de cada trecho importante do programa, deixe espaço, isto é, coloque dois zeros (instrução NOP), para, futuramente, se necessário, colocar uma instrução de retorno ao BASIC.
- Nos pontos de retorno ao BASIC, certifique-se de que o número total de PUSHs é igual ao número total de POPs, até aquele ponto. Se isso não ocorrer, você perde o programa. Quando o programa tem muitas sub-rotinas, fica às vezes difícil analisar todos os caminhos possíveis para fazer essa contagem de PUSHs e POPs, mas faça, porque é fundamental.
- Certifique-se de que as instruções estão corretas, verificando se elas têm o número de "bytes" necessários. Quando se usam as instruções JUMP e JUMP RELATIVE e o salto é para um ponto do programa não escrito ainda, tem-se que deixar em aberto o "byte" no JUMP RELATIVE que indica a extensão do salto, ou os dois "bytes", no JUMP, que indicam o endereço do salto. A fim de evitar erros na contagem do número de "bytes" do

programa, não deixe em branco os lugares que indicam os saltos. Coloque, por exemplo, XX para cada "byte", e no final do programa substitua esses XX pelos valores corretos.

- Finalmente, quando o programa estiver pronto, carregue-o na instrução REM e, antes de rodar (o que é muito importante), grave-o. É importante gravar antes de rodar porque muitos erros alteram ou destroem o próprio programa.
- Se o programa apresentar defeito e você fizer algumas alterações no mesmo, não se esqueça de renumerar a linha de instrução afetada pela alteração e de conferir todas as instruções de salto, relativo e absoluto, para ver se seus argumentos ainda são válidos.
  Boa sorte.

UTILIZANDO AS VARIÁVEIS DO SISTEMA 4

Como já dissemos anteriormente, o programa monitor administra totalmente as atividades do micro e, para tal, fora as sub-rotinas do ROM, ele necessita de um espaço da memória RAM para armazenar uma série de variáveis que ficam sob seu controle (veja apêndice E).

Esse pedaço da memória RAM fica justamente no início da mesma e é fixo, ocupando a região entre os endereços 16384 e 16508, inclusive. Ao conjunto de variáveis aí armazenadas chamamos VARIÁVEIS DO SISTEMA. No apêndice D, é dada uma relação de todas essas variáveis, seus endereços e, ainda, alguns comentários.

Não pretendemos aprofundar-nos na análise dessas variáveis, mesmo porque a maioria delas é de uso exclusivo da máquina. No entanto, existem algumas que são muito úteis para o programador e passíveis de serem alteradas sem levar a máquina ao descontrole. É dessas variáveis que vamos nos ocupar agora.

• ESPAÇOS VAZIOS

O programa monitor deixa três "bytes" dessa região de memória sem uso e, portanto, disponíveis para o programador. Esses espaços são:

16417 ou 4021 em hexadecimal
16507 ou 407B em hexadecimal
16508 ou 407C em hexadecimal.

O leitor deve estar se perguntando porque se preocupar com três "bytes" se temos uma memória RAM de vários K! Bom, realmente é muito pouca coisa, mas devemos conhecê-la por duas razões:

- é comum, depois de pronto um programa, descobrirmos que nos esquecemos de uma variável e geralmente isso ocorre quando a região que reservamos para as mesmas já está totalmente ocupada. Nesse caso, esses três "bytes" vão parecer muitos K. Lembre-se que não se pode colocar dados no meio do programa;

- como esses três "bytes" estão dentro da região de trabalho da máquina, eles não são apagados pelas instruções CLEAR ou RUN, portanto são lugares seguros para guardarmos certos dados.

Ainda mais quando estamos escrevendo pequenos programas, como muitos apresentados neste livro, que não requerem mais do que três "bytes" para guardar dados, é prático usarmos diretamente esses "bytes" para não nos preocuparmos com a alocação dos dados na memória.

Bem, existe ainda um conjunto de 32 "bytes" destinados ao "buffer" da impressora que podemos usar em nosso programa levando em conta que esses "bytes" são apagados quando o programa pára e o comando da máquina volta ao usuário. Assim, essa região é muito útil para variáveis temporárias, isto é, que são criadas pelo programa mas que, ao final do mesmo, possam ser destruídas. Esses "bytes" ficam compreendidos entre os endereços

16444 ou 403C em hexadecimal
e
16475 ou 405B em hexadecimal, inclusive.

• RAMTOP (16388/16389)

Nas posições 16388 e 16389, o computador guarda o endereço seguinte ao último "byte" da memória RAM.

Inicialmente, ao ser ligado, o computador entra nas rotinas de iniciação, sendo que uma das primeiras é verificar o tamanho da memória RAM. Para tal, ele carrega (POKE) e lê (PEEK), "byte" por "byte", até detectar o fim da memória, quando, então, coloca na variável RAMTOP esse valor somado a 1.

Podemos alterar o valor de RAMTOP e, com isso, enganar a máquina, pois ela lê esse valor toda vez que precisa realocar as regiões da memória. Assim, se colocarmos RAMTOP em um valor mais baixo, a máquina vai ignorar tudo que estiver acima desse valor. Esse artifício seria muito útil para armazenarmos programas em linguagem de máquina se não fosse o inconveniente de que o SAVE não guarda na fita o que está acima do RAMTOP.

Para alterarmos o valor do RAMTOP, devemos fazer POKE nas posições 16388 e 16389 e, depois, dar o comando NEW, para que a máquina percorra novamente as rotinas iniciais e realoque a memória de acordo com esse valor de RAMTOP.

Nós vimos, no fim do Capítulo 2, um programa para a demonstração da velocidade do PRINT, que requeria uma memória maior que 3,5K. Se o seu computador tem menos que 3,5K de RAM, faça POKE 16389,80 e rode aquele programa. Assim, enganamos a máquina, mas cuidado quando enganamos no sentido de aumentar a memória: pode-se criar o caos, dependendo da extensão do programa.

• **VARS (16400/16401)**

Essa variável contém o endereço do início do setor da memória onde estão guardadas as variáveis do programa em BASIC. As variáveis, sejam elas numéricas, "strings" ou "arrays", vão sendo armazenadas seqüencialmente na memória, a partir de VARS, à medida que vão sendo definidas no programa em BASIC.

A máquina reconhece o início de cada variável e o tipo de variável (numérica, "string", etc.), pela forma diferente como cada tipo é armazenado.

Para finalidade deste livro, interessa-nos unicamente conhecer como são armazenadas as variáveis numéricas e as "strings", ou seja, não vamos nos preocupar com as "arrays".

Mais adiante, faremos uso desse conhecimento, detectando e alterando o valor das variáveis.

Vejamos, então, inicialmente, como são armazenadas as variáveis numéricas, Sabemos que o nome da variável numérica tem necessariamente que começar com uma letra, e poderá, em seguida, ter ou não outros caracteres alfanuméricos. Se o nome da variável contiver uma única letra, a variável será armazenada da seguinte forma:

1.° byte	64 + código da letra
2.° byte 3.° byte 4.° byte 5.° byte 6.° byte	Representação binária do valor da variável em ponto flutuante.

Assim, se a primeira variável definida no programa em BASIC for:

```
10 LET M=8
```

teremos:

POSIÇÃO DA MEMÓRIA	VALOR		
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401	114	=	64 + 50, onde 50 é o código de M
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401 + 1	132		
+ 2	0		Representação binária do número 8 em ponto flutuante.
+ 3	0		
+ 4	0		
+ 5	0		

Se, agora, o nome da variável contiver mais de um caracter ocorre o seguinte: aos códigos do primeiro e último caracteres soma-se 128, e os caracteres intermediários ficam com valores iguais aos de seus códigos.

Assim, se a primeira variável definida é:

```
10 LET CASA=50
```

teremos:

POSIÇÃO DA MEMÓRIA		VALOR		
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401		168	=	128 + 40, onde 40 é o código de C
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401	+ 1	38		código de A
	+ 2	56		código de S
	+ 3	166	=	128 + 38, onde 38 é o código de A
	+ 4	134		Representação binária de 50 em ponto flutuante
	+ 5	72		
	+ 6	0		
	+ 7	0		
	+ 8	0		

Por último, se a primeira variável definida no programa em BASIC for uma STRING (que só pode ser formada por uma letra e o símbolo $), teremos o primeiro "byte" formado pelo código da letra somado a 32, seguido de dois "bytes" que indicam o número de caracteres da STRING, seguido, ainda, dos códigos dos caracteres do texto da STRING. Vejamos, então, um exemplo:

```
10 LET C$="58P9A"
```

teremos:

POSIÇÃO DE MEMÓRIA		VALOR		
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401		72	=	32 + 40, onde 40 é o código de C
PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401	+ 1	5		Comprimento da STRING
	+ 2	0		
	+ 3	33		código de 5
	+ 4	36		código de 8

+ 5	53	código de P
+ 6	37	código de 9
+ 7	38	código de A

Bem, se o leitor tiver curiosidade de verificar esses exemplos dados, ou mesmo exercitar outros casos, poderá usar o programa abaixo, onde a linha 10 e a linha 20 podem mudar conforme o tipo de variável e o nome:

```
10 INPUT X          (OU INPUT X$)
20 PRINT X          (OU PRINT X$)
30 LET P=PEEK 16400+256*PEEK 1
6401
40 FOR J=0 TO 20
50 PRINT P+J,PEEK (P+J)
60 NEXT J
```

Se o seu micro tiver menos que 3,5K de RAM, esse programa não vai funcionar. Por que? Se a memória é menor que 3,5K, então o micro, ao ser ligado, não expande a memória na região da tela, mas sim deixa essa região totalmente comprimida, para economizar memória. Isso quer dizer que, para cada PRINT, haverá um deslocamento da área reservada às variáveis (pois essa vem depois da área da tela) e, então, o valor de P calculado na linha 30 não acompanhará a evolução de PEEK 16400 + 256 × PEEK 16401. Restam, então, duas alternativas: uma é recalcular P imediatamente antes de cada PRINT, e a outra é abrir a memória da tela, tomando o cuidado para não definir uma variável antes da que nos interessa.

Para recalcular P antes de cada PRINT, poderíamos fazer:

```
10 INPUT X          (OU INPUT X$)
20 PRINT X          (OU PRINT X$)
30 LET P$="PEEK 16400+256*PEEK
16401"
40 FOR J=0 TO 20
50 PRINT VAL P$+J,PEEK (VAL P$
+J)
60 NEXT J
```

• PIL FIM (16412/16413)

Na parte alta da memória existe uma região reservada para cálculos (abordaremos em detalhes esse assunto mais adiante), cujos endereços inicial e final

estão guardados nas variáveis PIL FUN (16410/16411) e PIL FIM (16412/16413). Nessa área, cada número é representado por 5 "bytes", pois estão em notação científica, isto é, ponto flutuante. A pilha é organizada pelo sistema FIFO (o primeiro número a entrar é o primeiro a sair). Por ora, esta informação é suficiente. Vamos deixar para estudar a parte de cálculo separadamente.

- **DF — SZ (16418)**

Essa variável, de um único "byte", indica o número de linhas na parte inferior da tela, reservadas para a edição de mensagens. Normalmente, essa variável vale 2. Isso quer dizer que temos 22 linhas para fazer PRINT e mais 2 linhas para edição. Se fizermos um POKE em 16418, podemos alterar a área de edição e, até mesmo, anulá-la. Mas cuidado: se você a anular, tem que tomar o cuidado para restabelecer esse espaço para edição (ao menos duas linhas), antes da primeira instrução INPUT, se não o computador perde o controle.

- **FRAMES (16436/16437)**

Esses dois "bytes" formam o contador de tempo da máquina que funciona da seguinte forma: quando o micro é ligado, o programa monitor coloca "1" s em todos os 16 "bits" e sincronizadamente com a geração de quadros da TV, esse contador é decrementado 60 unidades por segundo, até que chegue em 1000000000000000, (32768), o que demora 9 minutos e 6 segundos quando, então, volta à condição inicial, isto é, ao valor 65535. A instrução PAUSE usa esse contador colocando inicialmente no bit 15 (o mais significativo) o valor 0.

Ora, esse contador é um ótimo relógio para ser usado em nossos programas em linguagem de máquina, pois podemos, a qualquer momento, colocar um valor nesse contador e tomar uma decisão quando ele atingir um certo valor especificado.

Isso nos permite, então, fazer um contador até 9 minutos e 6 segundos (não devemos colocar o valor 0 no "bit" número 15).

Vamos ver, então, na prática, como fazemos para utilizar uma base de tempo em nossos programas.

O problema se resume sempre em criar um retardo de valor desejado. Podemos, então, formalizar mais o problema, dividindo-o em três casos:

- Retardo maior que 4 segundos
- Retardo entre 1/60 segundos e 4 segundos
- Retardo menor que 1/60 segundos.

No primeiro caso, que, na verdade, está limitado a, no máximo, 9 minutos e 6 segundos, podemos usar o contador FRAMES, carregando-o inicialmente com FFFF (hexadecimal) e medindo-o constantemente, até que atinja um valor tal que a variação demore o tempo de retardo desejado. Vamos supor que desejamos um retardo de 12 segundos. Como cada segundo representa uma variação (diminuição) de 60 unidades na variável FRAMES, vamos deixá-la variar de 60 x 12 = 720 unidades. Como o valor inicial é 16535, então temos que ler a variável FRAMES até que ela chegue ao valor 16535 − 720 = 15815.

Vejamos, então, um programa, que é para simples demonstração de uso do contador de tempo. Usando-se o BASIC, carrega-se no par de "bytes" 16507/16508 o valor final a que deve chegar a variável FRAMES. O programa em linguagem de máquina fica lendo a variável FRAMES até que essa atinja o valor desejado, quando então o programa volta ao BASIC e é feito o PRINT da linha 100 para indicar o final do tempo. Note que o programa pára na linha 80 para que, apertando-se NEW LINE, comande-se o início da contagem de tempo. Em linguagem de máquina, temos:

```
16514   LD HL,65535       21FFFF   } Carrega FRAMES com
        LD (FRAMES),HL    223440   }   65535.
        AND A             A7       } Zera o "carry" para
                                   }   subtração.
        LD DE,(16507)     ED5B7840 } Carrega DE com o valor final.
(A)     LD HL,(FRAMES)    2A3440   } Lê FRAMES.
        SBC HL,DE         ED52     }
        JRNZ (A)          20F9     } Verifica se chegou ao fim.
        RET               C9       } Retorna ao BASIC.
```

e, para rodar, use o programa em BASIC:

```
 10 PRINT "T=";
 20 INPUT T
 30 PRINT T;" SEGUNDOS"
 40 LET T=65535-T*60
 50 LET I=INT (T/256)
 60 POKE 16508,I
 70 POKE 16507,T-256*I
 80 INPUT X$
 90 RAND USR 16514
100 PRINT "FIM"
```

Para o segundo caso, isto é, retardo entre 1/60 segundos e 4 segundos, podemos usar o "byte" menos significativo de FRAMES (16436) e trabalhar com ele livremente, uma vez que ele não apresenta restrições quanto a valores permitidos. Assim, seguindo a mesma linha de raciocínio do caso anterior, temos:

```
16514    LD A,(16507)      3A7B40   ┐ Carrega 16436 com o
         LD (16436),A      323440   ┘ tempo de retardo.
16520 (A)LD A,(16436)      3A3440   ┐ Lê o tempo.
         AND A             A7       ┐ Verifica se chegou
                                    ┘ a zero.
         JRNZ (A)          20FA     ┐ Volta para a linha
                                    ┘ 16530 se não terminou.
         RET               C9       ┐ Volta ao BASIC.
                                    ┘
```

E, em BASIC:

```
10 PRINT "T=";
20 INPUT T
30 PRINT T;" SEGUNDOS"
40 POKE 16507,T*60
50 INPUT X$
60 RAND USR 16514
70 PRINT "FIM"
```

Reparem que aqui, fazemos diretamente POKE do valor do tempo que queremos e verificamos quando a variável FRAMES chega a zero. A instrução AND A é uma forma econômica de se verificar se o acumulador está em zero ou não (por que?).

Finalmente, se necessitarmos de um retardo inferior a 1/60 segundos, temos que sair da variável FRAMES e usar o tempo de execução das instruções em linguagem de máquina. Você encontrará esses tempos em qualquer manual do Z-80. Não se esqueça de corrigir os tempos dependendo do "clock" do seu micro. Na prática, o que se faz é criar uma variável e fazer um "loop" onde ela é decrementada até chegar a zero. Para exemplificar, vamos mostrar um pequeno programa que pode ser usado como gerador de retardo e calcular o tempo de execução do mesmo. O programa funciona da seguinte forma:

- em um lugar qualquer da memória (no caso usamos os "bytes" 16507 e 16508), armazena-se um número (N) entre 1 e 65535;

- o programa começa, então, lendo esse valor e, através de dois "loops" concatenados, faz-se percorrer um trecho do programa N^2 vezes.

Como o tempo de execução está amarrado à freqüência do "clock" da máquina, esse gerador de retardo é absolutamente preciso. Esse programa permite gerar retardos de 27μs (para N = 1) até 9 horas 32 minutos e 38 segundos (para N = 65535) estando no modo FAST, ou esse tempo multiplicado por 6,32, se a maquina estiver no modo SLOW.

O programa é o seguinte:

Linha n.°				
1		LD DE,(16507)	ED5B7B40	Carrega DE com N.
2	(B)	LD HL,(16507)	2A7B40	Carrega HL com N.
3	(A)	DEC HL	2B	Primeiro "loop".
4		LD A,H	7C	
5		OR A,L	B5	
6		JRNZ (A)	20FB	
7		DEC DE	1B	Segundo "loop".
8		LD A,D	7A	
9		OR A,E	B3	
10		JRNZ (B)	20F3	

Esse programa de 10 linhas pode ser, para efeito de cálculo de tempo de execução, dividido nos quatro grupos de instruções como indicado na Fig. 4.1 (os números à esquerda nos blocos indicam as linhas do programa que pertencem a esse bloco, e os números à direita indicam o tempo de execução da instrução em μs).

1	6,15	Bloco 1
2	4,92	Bloco 2
3	1,85	Bloco 3
4	1,23	
5	1,23	
6	3,69	
	8,00	
7	1,85	Bloco 4
8	1,23	
9	1,23	
10	3,69	
	8,00	

figura 4.1

Ora, o bloco 1 é percorrido uma única vez, o bloco 2 é percorrido N vezes, assim como o bloco 4, e o bloco 3 é percorrido N^2 vezes.

Então o tempo total de execução do programa será dado por:

$T = T1 + N\ (T2 + T4) + N^2\ .\ T3$

$T = 6{,}15 + 12{,}92\ .\ N + 8\ .\ N^2\ (\mu s)$

Com boa aproximação, podemos considerar $T \cong 8.\ N^2\ \mu s$.

USANDO A ROM 5

O programa monitor e o interpretador são formados por uma enorme série de sub-rotinas em linguagem de máquina, guardadas na ROM. Assim, quando é dado um comando à máquina, ou quando ela está interpretando um programa, aquelas rotinas pertinentes são percorridas.

Essas sub-rotinas estão à nossa disposição e devemos conhecê-las, ao menos as mais importantes, para sabermos se são úteis ou não ao programa que estamos elaborando.

Com isso queremos dizer que muitas vezes necessitamos de uma determinada rotina de programa que está implementada na ROM mas que apresenta um dos seguintes inconvenientes:

- é muito extensa, porque vai além da necessidade específica que temos;
- é lenta. (Ao final do livro, por exemplo, vamos mostrar uma rotina de PLOT/UNPLOT bem mais rápida que a do ROM);
- requer que os dados estejam disponíveis de uma forma inconveniente para o programador, ou, o que é mais comum, ela destrói o conteúdo dos registradores com isso atrapalhando a vida do programador.

Vamos então ver as sub-rotinas mais importantes.

As principais são:

• RESET

Essa sub-rotina começa no endereço 0000 da ROM e faz exatamente as funções desempenhadas pela máquina ao ser ligada, isto é; verifica o tamanho da RAM, colocando o valor correto na RAMTOP e, depois, pula para a rotina NEW.

Pode-se chamar essa sub-rotina fazendo um JUMP para o endereço 0000, ou usando a instrução RST 0, isto é, o código C7.

• PRTCHA

Essa sub-rotina faz o PRINT do caracter cujo código é o conteúdo do acumulador. O PRINT é feito na "próxima posição de PRINT", isto é, se quisermos fazer um

PRINT num lugar específico, diferente da posição seguinte de PRINT, temos que preparar antes a posição do PRINT. Essa é uma das mais úteis rotinas e tem a vantagem de não alterar o conteúdo dos registradores. Para chamá-la, usa-se RST 10 (código D7).

Já vimos, no Capítulo 2, um programa que enche a tela de preto e usa essa sub-rotina.

Para exercitar um pouco nossos conhecimentos, façamos um programa que simula uma máquina de escrever. A parte em BASIC é a seguinte:

```
10 IF INKEY$<>"" THEN GOTO 10
20 IF INKEY$="" THEN GOTO 20
30 LET A$=INKEY$
40 RAND USR 16514
50 GOTO 10
```

Nas linhas 10 e 20 fazemos a leitura do teclado (um único caracter de cada vez). Na linha 30 definimos a primeira variável do programa como sendo o último caracter pressionado; em seguida, vamos à rotina em linguagem de máquina, e, em 50, voltamos para aguardar o próximo caracter.

Como a variável A$ contém o código da última tecla pressionada, e é a primeira variável definida, sabemos como lê-la, pois se trata de uma STRING de um único caracter cuja posição inicial é dada pela variável VARS. Em linguagem de máquina temos, então:

16514	LD HL,(VARS)	2A1040	Carrega VARS em HL
	INC HL INC HL INC HL	23 23 23	Vai até aonde está o código da STRING.
	LD A,(HL)	7E	Carrega o código no acumulador.
	RST 10	D7	Chama a sub-rotina PRTCHA da ROM.
	RET	C9	Retorna ao BASIC.

- **KSCAN**

Essa sub-rotina faz a varredura do teclado e retorna com a informação da tecla acionada. Aconselhamos ao leitor consultar um dos livros da bibliografia para entender o método utilizado pela máquina para codificar a tecla que foi pressionada. Por ora, só nos interessa saber que, ao ser chamada essa sub-rotina, ela retorna

com a informação no par de registradores HL (existem códigos mesmo para as teclas acionadas com "shift"). No apêndice C, daremos uma tabela que mostra o valor dos registradores HL para cada tecla, com e sem "shift". Quando não existe tecla pressionada, o valor de H e de L é FF.

Essa sub-rotina começa no endereço 02BB. Para chamá-la, usa-se uma instrução CALL (ex CDBB02).

Voltemos ao exemplo, da máquina de escrever, e vamos alterar o programa, transferindo do BASIC para linguagem de máquina as duas primeiras linhas do programa. A linha 10 faz com que o programa fique nesta linha se houver uma tecla pressionada nesse instante. A instrução da linha 20 faz o inverso, isto é, se nenhuma tecla está pressionada, o programa fica parado nessa instrução. Isso faz com que, entre duas teclas acionadas, tenha que haver um período de repouso.

O programa em BASIC ficaria, então:

```
10 RAND USR 16514
20 LET A$=INKEY$
30 RAND USR 16527
40 GOTO 10
```

e, em linguagem de máquina, teríamos:

```
16514  (A) CALL KSCAN        CDBB02
           INC L              2C
           JRNZ (A)           20FA
16520  (B) CALL KSCAN        CDBB02
           INC L              2C
           JRZ  (B)           28FA
           RET                C9
16527      LD HL,(VARS)       2A1040
           INC HL             23
           INC HL             23
           INC HL             23
           LD A,(HL)          7E
           RST 10             D7
           RET                C9
```

A implementação de IF INKEY$ <> " " THEN GOTO 10 é feita inicialmente, pois, se existir alguma tecla pressionada, então o registrador L não conterá FF e, portanto, se incrementado, não terá o valor 00 e, então, o salto condicional será feito e assim ficará até que não exista tecla acionada. Aí caímos na implementação de IF INKEY$ = " " THEN, que funciona de forma inversa.

• **ACHR**

Essa sub-rotina complementa a sub-rotina anterior (KSCAN), pois, a partir da informação dessa, ela fornece um endereço onde está o código da tecla pressionada.

Seu endereço é 07BD, portanto, para chamá-la, usa-se, por exemplo, CDBD07. Então, se quisermos saber o código de uma tecla pressionada, devemos fazer o seguinte:

- chamar a sub-rotina KSCAN, que retorna com a informação da tecla pressionada, no par de registradores HL;
- transferir o conteúdo de HL para BC (por exemplo, fazendo PUSH HL e, em seguida, POP BC);
- chamar a sub-rotina ACHR que, ao retornar, terá no par de registradores HL o endereço de onde está o código da tecla pressionada.

Apliquemos, então, esse recurso adicional para escrever o programinha da máquina de escrever, totalmente em linguagem de máquina.

```
16514  (A) CALL KSCAN    CDBB02
           INC L          2C        IF INKEY$ <> " " THEN
           JRNZ (A)       20FA
16520  (B) CALL KSCAN    CDBB02
           INC L          2C        IF INKEY$ = " " THEN
           JRZ  (B)       28FA
16526      DEC L          2D        Recupera o valor original de L
           PUSH HL        E5        Transfere o conteúdo de
           POP BC         C1        HL para BC
           CALL ACHR      CDBD07    Acha o endereço do código da
                                    tecla
           LD A,(HL)      7E        Carrega o acumulador com o
                                    código da tecla.
           RST 10         D7        Chama PRTCHA
           JR  (A)        18EA      Retorna ao início
```

Para chamar o programa, faça RAND USR 16514.

Como a informação da tecla que foi pressionada é obtida ao se chamar KSCAN na linha 16520, temos que usar o conteúdo de HL aí obtido para chamar a sub-rotina ACHR. Daí a instrução DEC L.

Antes de passarmos para outra sub-rotina da ROM, vamos insistir uma vez mais na nossa máquina de escrever, dotando-a de dois recursos extras:

- retorno ao BASIC a qualquer momento. Note que, no último programa apresentado, só conseguimos voltar ao BASIC quando o PRINT chega ao

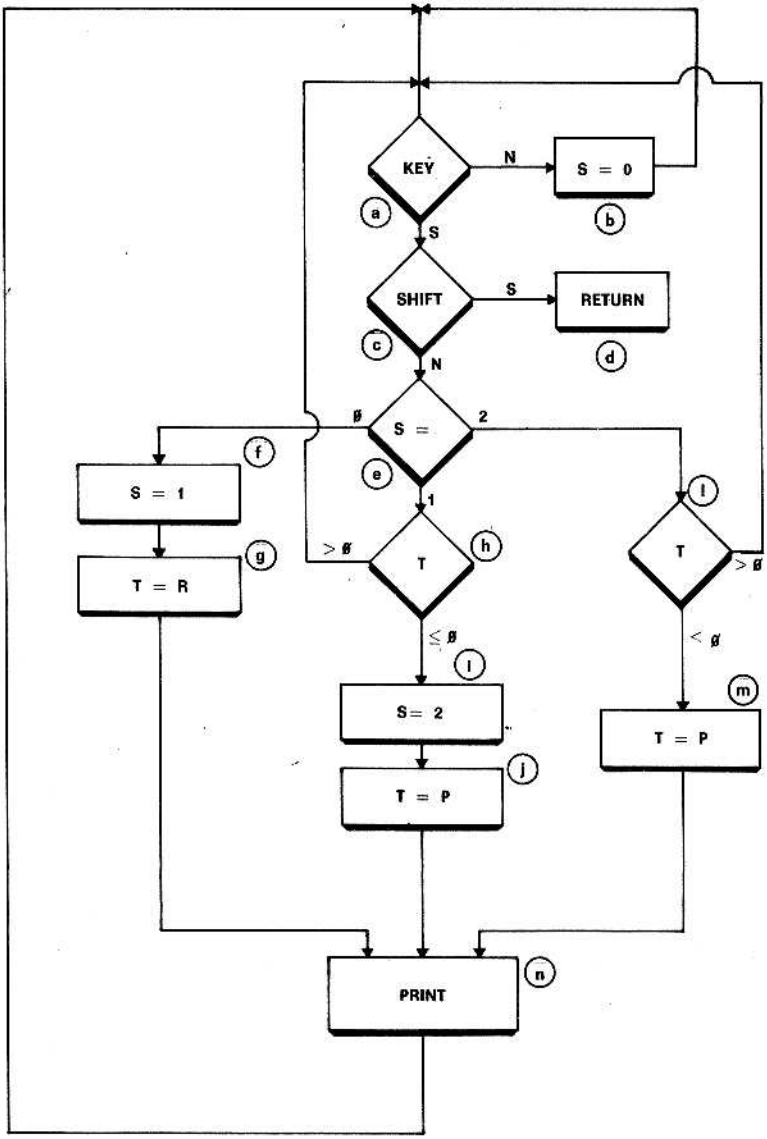

KEY
N
S = 0
a
b
S
SHIFT
S
RETURN
c
d
N
S =
ø
2
1
e
f
S = 1
g
T = R
T
h
> ø
≤ ø
i
S= 2
j
T = P
T
l
> ø
< ø
m
T = P
PRINT
n

Fig. 5.1

fim da tela, pois aí a sub-rotina PRTCHA faz o retorno automaticamente, por não existir mais posição para o PRINT;

- função REPEAT, isto é, se uma tecla ficar pressionada um determinado tempo, então o caracter passa a ser "escrito" seguidamente, até que a tecla seja solta.

Vamos primeiramente definir claramente o funcionamento da nossa máquina de escrever:

1) A máquina começa a escrever a partir do canto superior esquerdo.
2) Se nenhuma tecla é pressionada, ela fica parada, aguardando o pressionamento de uma tecla.
3) Uma tecla, ao ser pressionada, escreve o caracter imediatamente.
4) Se uma tecla fica pressionada mais do que um determinado tempo, que chamaremos de atraso (R), então o caracter em questão começa a ser escrito seguidamente, em intervalos de tempo que chamaremos P (período), até que a tecla seja solta.

Como a máquina pode estar em três estados possíveis, isto é, aguardando o pressionamento de uma tecla, com uma tecla pressionada mas antes do início da repetição, e repetindo o caracter, vamos definir uma variável de estado, que chamaremos de S, e que poderá assumir os valores 0, 1 e 2, respectivamente. Essa variável será armazenada no endereço 16417.

O "atraso" e o "período" serão definidos pelo usuário (no BASIC) e armazenados nas posições 16507 e 16508, respectivamente. Para a contagem do tempo de atraso e período, usaremos o relógio da máquina, utilizando um único "byte", como já vimos.

Analisemos, então, o diagrama de blocos da figura 5.1.

Para facilidade de análise, os blocos estão marcados com as letras "a" a "n". Os blocos "a" e "b" garantem que a variável de estado S fique com o valor 0 quando o teclado não está sendo pressionado. Ao ser pressionado, vamos para o bloco "c", que analisa o conteúdo do registrador H. Se a tecla "shift" tiver sido pressionada, volta-se ao BASIC — bloco "d" —. No bloco "e" o programa é dividido, dependendo do valor de S. Se for 0, fazemos S = 1 (pois entramos nesse estado) e colocamos o "byte" menos significativo do contador de tempo da máquina (FRAMES) igual ao tempo de atraso que queremos (R). Esses passos estão implementados nos blocos "f" e "g", respectivamente. Como a tecla acaba de ser pressionada, temos que fazer imediatamente um PRINT. Por isso, pulamos para o bloco "n" e daí para o início do programa. Se, no entanto, no bloco "e" o valor de S for 1, pulamos para o bloco "h", que verifica se já se passou o tempo de retardo R ($T \leq 0$) ou se ainda não ($T > 0$). Se não se passou o tempo de retardo, o programa fica girando nos blocos "a", "c", "e" e "h", até que $T \leq 0$ e o programa vai para "i". Nesse ponto, entraremos no estado 2 (bloco "i") e temos que usar a outra base de tempo P, que

determina o tempo do PRINT entre as repetições. Isso é feito no bloco "j". Se em "e" temos S = 2, analogamente ao que é feito em "h", temos que verificar se o tempo de repetição P já foi atingido ou não (bloco "l"). Se foi, precisamos colocar novamente a variável de tempo (FRAMES) no valor de P (bloco "m") para repetir o ciclo de repetição.

Esse programa ocupa 90 "bytes" de memória. Então, para carregá-lo com o programa MESTRE é preciso, primeiramente, aumentar a instrução REM para, no mínimo, 90 caracteres.

É o seguinte o programa:

```
16514 (4082) (B) CALL KSCAN      CDBB02
             LD(16444),HL        223C40
             INC L               2C
             JRNZ (A)            2007
             LD A,0              3E00
             LD (16417),A        322140
             JR   (B)            18F0
           (A)BIT 0,H            CB44
             RET Z               C8
             LD A,(16417)        3A2140
             AND A               A7
             JRNZ (C)            200D
             INC A               3C
             LD (16417),A        322140
             LD A,(16507)        3A7B40
             LD(FRAMES),A        323440
             JP   (D)            C3D040
           (C)CP A,2             FE02
             JRZ  (E)            2816
             LD A,(FRAMES)       3A3440
             CP A,0              FE00
             JP P (B)            F28240
```

bloco "a" — bloco "b" — bloco "c" — bloco "d" — bloco "e" — bloco "f" — bloco "g" — bloco "h"

→

```
                LD A,2              3E02
                LD (16417),A        322140
                LD A,(16508)        3A7C40
                LD(FRAMES),A        323440
                JP    (D)           C3D040
            (E) LD A,(FRAMES)       3A3440
                CP A,0              FE00
                JP P (B)            F28240
                LD A,(16508)        3A7C40
                LD(FRAMES),A        323440
16592 (40D0)(D) LD BC,(16444)       ED483C40
                CALL ACHR           CDBD07
                LD A,(HL)           7E
                CALL PRTCHA         D7
                JP    (B)           C38240
```

bloco "i"

bloco "j"

bloco "l"

bloco "m"

bloco "n"

Lembre-se que:

— o atraso R está em 16507 (407B);

— o atraso P está em 16508 (407C);

— o estado S está em 16417 (4021);

— o "byte" de menor ordem, de FRAMES, está em 16436 (4034).

Note que o valor do par de registradores HL, obtido em "a", vai ser usado no fim do programa em "n", para chamar a sub-rotina ACHR. Por isso, na segunda instrução guardamos esse valor na posição de memória 16444 (403C).

Para rodar o programa, é preciso, inicialmente, carregar (POKE) as posições 16507 e 16508 com o valor dos retardos R e P. Os valores permitidos para essas duas variáveis estão entre os limites 1 e 127 (isto é, até 2 segundos, aproximadamente). Valores maiores que 127 vão dar erro, devido à instrução JP P. (Por quê?)

Para voltar para o BASIC, aperte "shift" e qualquer tecla.

• PRINT AT

Esta sub-rotina, como o próprio nome diz, prepara a posição para o próximo PRINT. Seu endereço é 08F5 e, ao chamá-la, coloque no registrador B o número da linha e, no registrador C, o número da coluna para o próximo PRINT, obedecendo ao sistema de contagem usado pela função PRINT AT do BASIC.

Para demonstrar o uso dessa sub-rotina, vamos analisar o programa seguinte, que faz um PRINT na coluna 15, do conteúdo de uma variável STRING.

A primeira providência é entrar com a STRING desejada como primeira variável definida no BASIC.

O programa em linguagem de máquina é o seguinte:

16514		LD H,(VARS)	2A1040	Carrega VARS em HL
		INC HL	23	Carrega A com o comprimento da STRING
		LD A,(HL)	7E	
		AND A	A7	Se a STRING tiver comprimento nulo ou maior que 21, retorna ao BASIC
		RET Z	C8	
		CP A,22	FE16	
		RET P	F0	
		LD D,0	1600	Carrega DE com o comprimento da STRING
		LD E,A	5F	
		LD BC,150F	010F15	Prepara BC para o PRINT AT com: linha = 21, coluna = 15
16530	(A)	PUSH BC	C5	Salva os registradores BC e DE e faz o PRINT AT
		PUSH DE	D5	
		CALL PRINT AT	CDF508	
		POP DE	D1	
		POP BC	C1	
		LD HL,(VARS)	2A1040	Faz HL apontar inicialmente para o último caracter da STRING
		INC HL	23	
		INC HL	23	
		ADD HL,DE	19	
		LD A,(HL)	7E	Carrega A com o código do caracter
		RST 10(PRTCHR)	D7	Faz o PRINT
		DEC B	05	Prepara B e E para o próximo PRINT
		DEC E	1D	
		RET Z	C8	
		JR (A)	18EC	Volta para 16530

• PSTR

Esta sub-rotina faz o PRINT de uma STRING de forma direta. Ela está localizada no endereço 0B6B.

Ao chamá-la, deve-se ter o par de registradores DE apontando para o endereço da memória onde começa a STRING, e o par BC contendo o número de caracteres da STRING.

No exemplo que segue, o espaço da memória de 16514 a 16523 é reservado para receber uma STRING de até dez caracteres. Essa STRING é carregada pelo BASIC. O programa em BASIC faz ainda um POKE em 16534 para colocar no registrador B o número de caracteres da STRING. Vamos ao exemplo:

```
16514 a 16523                          reservado para a STRING
16524     LD BC,0B05        010508 ┐
          CALL PRINT AT     CDF508 ┘ Faz o início do PRINT em
                                     L=11 e C=5
          LD DE,16514       113240   Carrega DE com 16514
          LD BC,10          010A00   Carrega BC com o
                                     comprimento da STRING
          CALL PSTR         CD6B0B
          RET               C9
```

e, em BASIC, temos:

```
10 PRINT "ENTRE COM O TEXTO"
20 INPUT A$
30 IF LEN A$>10 THEN GOTO 20
40 FOR J=1 TO LEN A$
50 POKE 16513+J,CODE A$(J)
60 NEXT J
70 POKE 16534,LEN A$
80 CLS
90 RAND USR 16524
```

As duas primeiras instruções em linguagem de máquina foram incluídas unicamente para melhorar a estética do PRINT.

- **CLS**

Esta sub-rotina, localizada em 0A2A, perfaz exatamente a função de comando CLS do BASIC.

• **FAST**

A posição inicial desta sub-rotina é 0F23. Faz exatamente a função do FAST em BASIC.

• **SLOW**

A posição inicial desta sub-rotina é 0F2B. Faz exatamente a função do SLOW em BASIC.

• **PLOT/UNPLOT**

Com início na posição 0BB2, esta sub-rotina faz o PLOT/UNPLOT nas coordenadas indicadas pelo par de registradores BC. Para se fazer PLOT, tem-se inicialmente que carregar a posição de memória 16432 (4030) com 155 (9B) e, para fazer UNPLOT, tem-se que carregar essa posição com 160 (A0).

A coordenada X será dada pelo conteúdo do registrador C e a coordenada Y pelo conteúdo do registrador B.

Uma aplicação prática dessa sub-rotina e útil para uso em jogos é a da bola sendo rebatida nas bordas da tela. O leitor encontrará no capítulo de aplicações um programa chamado PLOT/UNPLOT RÁPIDO, que implementa essa função de forma mais rápida e é mais prática para uso do que essa sub-rotina da ROM.

Para tornar o programa um pouco mais atraente, faremos com que as teclas 5, 6, 7 e 8 permitam determinar a direção do movimento da bola. A posição da bola será dada pelas coordenadas X e Y, e o deslocamento da bola pelas variáveis DX e DY. Assim, a próxima posição da bola será dada por

$$X = X + DX$$
$$Y = Y + DY$$

Na figura 5.2 temos o diagrama de blocos do programa. Inicialmente, é feita a leitura do teclado (a). Se nenhuma tecla está pressionada, o programa pula para (g). Se a tecla pressionada é NEW LINE, então o programa retorna para o BASIC (f). Se a tecla pressionada for 5 (b), então a variável deslocamento DX será feita igual a -1, isto é, a próxima posição da bola terá a abscissa X diminuída de uma unidade (a menos que já esteja na borda esquerda — veja bloco (j) —, ou seja, a bola estará deslocando-se para a esquerda).

Analogamente se a tecla pressionada for a 6, 7 ou 8. Note que, se nenhuma tecla estiver pressionada, então os deslocamentos DX e DY anteriormente determinados serão mantidos. Logo, a bola estará andando em linha reta.

No bloco (g), é apagada a posição atual da bola. O bloco (h), calcula a próxima coordenada X da bola e analisa se é uma coordenada possível ou não. Por exemplo, se o valor de $X = 1$, $DX = 255$ (isto é, -1 em número relativo), então a próxima posição de X será 0. Nesse caso, faz-se $DX = 1$ (bloco (j)) e,

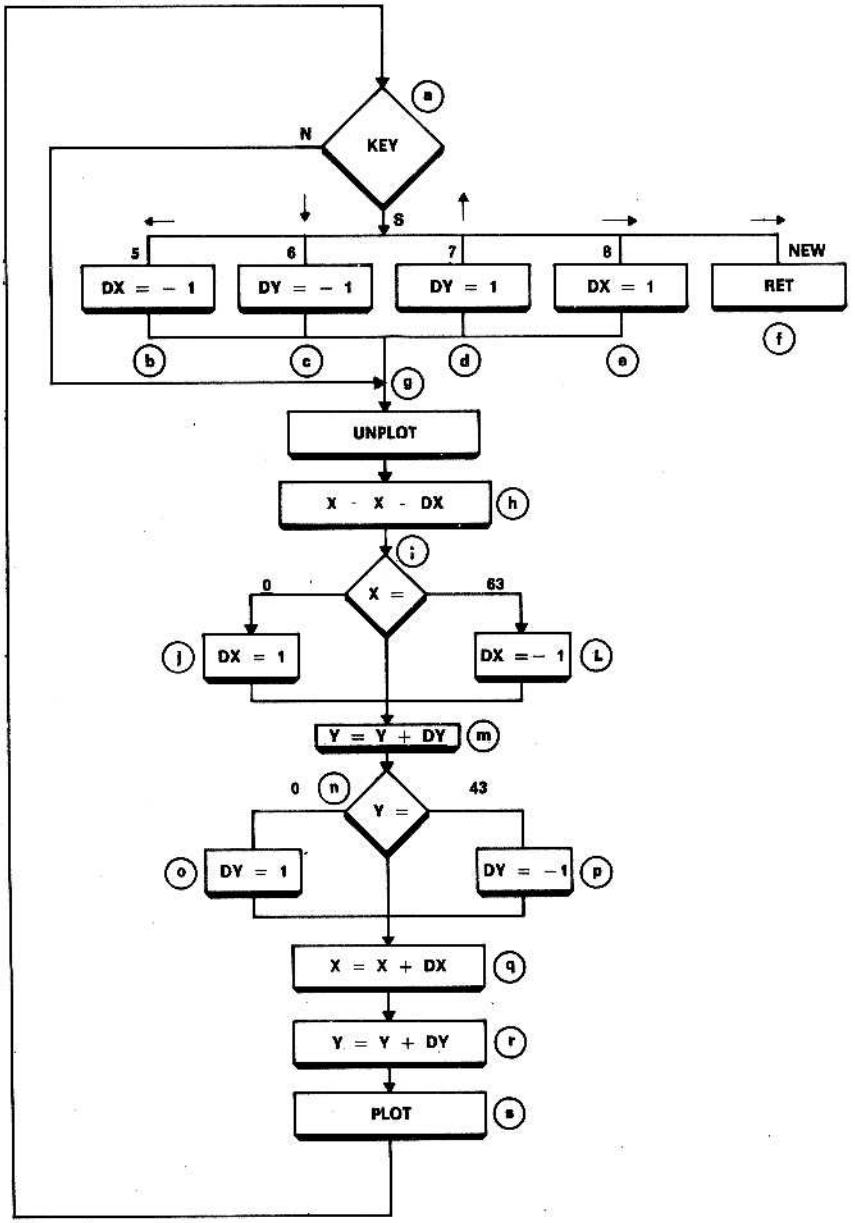

a
KEY
N
S
5
6
7
8
NEW
DX = − 1
DY = − 1
DY = 1
DX = 1
RET
b
c
d
e
f
g
UNPLOT
X = X - DX
h
i
X =
0
63
j
DX = 1
DX = − 1
L
Y = Y + DY
m
0
n
Y =
43
o
DY = 1
DY = −1
p
X = X + DX
q
Y = Y + DY
r
PLOT
s

Fig. 5.2

então, a próxima posição de X passa a ser 1 + 1 = 2. O programa foi feito assim para permitir ao leitor desenhar uma borda nas posições extremas da tela, pois a bola nunca atingirá essas coordenadas. Os blocos (m), (n), (o) e (p) fazem a análise da ordenada Y. Em (q) e (r), atualiza-se o par de coordenadas X e Y e, em (s), faz-se o PLOT.

As variáveis do sistema estão armazenadas nas seguintes posições:

X 16507 (407B)

Y 16508 (407C)

DX 16444 (403C)

DY 16445 (403D)

O programa em BASIC gera a posição inicial da bola, aleatoriamente, bem como os deslocamentos DX e DY.

Em BASIC, temos:

```
 10 POKE 16507,1+62*RND
 20 POKE 16508,1+42*RND
 30 POKE 16444,1
 40 IF 2*RND>1 THEN POKE 16444,
255
 50 POKE 16445,1
 60 IF 2*RND>1 THEN POKE 16445,
255
 70 LET L=USR 16514
```

Em linguagem de máquina, o programa ocupa 130 "bytes". Portanto, antes de entrar com ele no programa MESTRE, ajuste o tamanho da instrução REM.

```
16514 (P) CALL KSCAN      CDBB02   ┐
          LD DE,01FF      11FF01   │
          BIT 3,L         CB5D     │
          JRZ (A)         2810     │
          BIT 5,H         CB6C     │
          JRZ (B)         2815     │  bloco (a)
          BIT 4,H         CB64     │
          JRZ (C)         2814     │
          BIT 3,H         CB5C     │
          JRZ (D)         2807     ┘
```

INC L	2C	bloco ⓕ
RET NZ	C0	
JR Ⓔ	1810	
Ⓐ LD A,D	7A	blocos ⓑ e ⓔ
JR Ⓕ	1801	
Ⓓ LD A,E	7B	
Ⓕ LD (16444),A	323C40	
JR Ⓔ	1807	
Ⓑ LD A,D	7A	blocos ⓒ e ⓓ
JR Ⓖ	1801	
Ⓒ LD A,E	7B	
Ⓖ LD(16445),A	323D40	
Ⓔ LD BC,(16507)	ED4B7B40	UNPLOT
LD A,160	3EA0	
LD(16432),A	323040	
PUSH DE	D5	
CALL UNPLOT	CDBB0B	
POP DE	D1	
LD A,(16507)	3A7B40	bloco ⓗ
LD B,A	47	
LD A,(16444)	3A3C40	
ADD A,B	80	

```
    JRZ (H)          2806
    CP A,63          FE3F
    JRZ (I)          2805
    JR  (J)          1807
(H) LD A,E           7B
    JR  (K)          1801
(I) LD A,D           7A
(K) LD(16444),A      323C40
```

blocos ⓘ , ⓙ e ⓛ

```
(J) LD A,(16508)     3A7C40
    LD B,A           47
    LD A,(16445)     3A3D40
    ADD A,B          80
```

bloco ⓜ

```
    JRZ (L)          2806
    CP A,43          FE2B
    JRZ (M)          2805
    JR  (N)          1807
(L) LD A,E           7B
    JR  (O)          1801
(M) LD A,D           7A
(O) LD(16445),A      323D40
```

blocos ⓝ , ⓞ e ⓟ

→

```
(N) LD HL,(16507)    2A7B40
    LD DE,(16444)    ED5B3C40
    LD A,L           7D
    ADD A,E          83
    LD C,A           4F
    LD A,H           7C
    ADD A,D          82
    LD B,A           47
    LD(16507),BC     ED437B40

    LD A,155         3E9B
    LD(16432),A      323040
    CALL PLOT        CDB20B
    JP (P)           C38240
```

blocos (q) e (r)

bloco (s)

Infelizmente, a qualidade desse programa é prejudicada pelo desempenho da sub-rotina PLOT/UNPLOT. O leitor verá que a bola não faz movimentos com velocidade constante. Como já dissemos, mostraremos uma rotina de PLOT/UNPLOT que permite um bom desempenho para esse programa. Também por essa razão, e para facilitar o transplante desse programa para outra posição qualquer de memória, usam-se exclusivamente saltos relativos, à exceção do último (volta para a primeira linha), que não pode ser definido como relativo pois é maior que 128 (por ironia, é 129).

Vimos neste capítulo as rotinas de ROM mais práticas para serem usadas pelo programador, exceto as rotinas de cálculo, para as quais — dada a sua extensão — reservamos os próximos dois capítulos.

CALCULANDO EM LINGUAGEM DE MÁQUINA 6

Do ponto de vista de cálculo, as instruções do Z-80 permitem que se façam somas e subtrações em números até 65535. É verdade que, com as instruções de "shift", fica fácil multiplicar ou dividir um número por potência de 2. De qualquer forma, para trabalharmos com ponto flutuante e para fazermos cálculos científicos, temos que usar as sub-rotinas da ROM.

Neste capítulo abordaremos unicamente esse tópico. Vamos ver que temos acesso a todas as rotinas de cálculo. Em outras palavras, vamos poder, dentro de programa em linguagem de máquina, fazer qualquer cálculo dentre o repertório oferecido pelas funções do BASIC.

A máquina, toda vez que cria uma variável numérica (LET), ou toda vez que se entra com uma variável numérica (INPUT), o faz armazenando essa variável como uma seqüência de 5 "bytes", que indicam: o sinal, o expoente e a mantissa.

Então, quando o programa em BASIC pede um cálculo qualquer (mesmo que seja uma simples soma), esse cálculo é feito utilizando essa notação de 5 "bytes". Para simplificar a explicação, vamos dar nomes aos "bytes", como segue: A B C D E.

Temos, então, que converter um número decimal, inteiro ou não, positivo ou negativo, em um conjunto de 5 "bytes". A primeira fase consiste em verificar se o número é zero ou não. Se for zero, então os 5 "bytes" serão 0. Note-se que regras que apresentaremos em seguida não nos levam a essa conclusão quanto à representação de zero. É por conveniência que o zero é assim representado.

Como segunda fase — isto é, números diferentes de zero —, vamos converter o número de decimal em binário (esquecendo, por ora, o sinal), tanto a parte inteira quanto a parte fracionária. Bem, a conversão da parte inteira de decimal em binário é fácil e estamos acostumados a fazê-la. Para converter a parte fracionária, devemos proceder da seguinte forma:

- escrever a parte decimal (parte à direita da vírgula) como sendo uma fração. Ex.: no número 18,125, a parte decimal é 0,125, que pode ser escrita como sendo

$$\frac{125}{1000};$$

- achar uma fração equivalente à obtida anteriormente, onde o denominador seja uma potência de 2. Nem sempre vamos encontrar um denominador que faça com que o numerador seja um número inteiro. Nesse caso, quanto maior o denominador que pegarmos, maior será a precisão. Sempre que o numerador for um número decimal, tomamos unicamente sua parte inteira. No caso do exemplo anterior, isto é, o número 18,125, fazemos o seguinte:

$$\frac{125}{1000} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3}$$

Seja agora o número 7,35. A parte decimal é $\frac{35}{100} = \frac{7}{20}$

Podemos ter, então,

$$\frac{7}{20} = \frac{11{,}20}{32} \cong \frac{11}{32}.$$

Essa aproximação dá um erro de 1,8%.

Ou poderíamos fazer:

$$\frac{7}{20} = \frac{89{,}6}{256} \cong \frac{89}{256},$$

que dá um erro de 0,67%;

- escrever o numerador assim obtido em binário e dividir esse número por 2^n, onde 2^n é o denominador adotado na obtenção do numerador. Assim, no caso do último exemplo, onde achamos a fração 89/256, faríamos 89 = = 1011001, que dividiríamos por 256 = 2^8, que resulta na fração binária 0,01011001.

  Note-se que dividir um número binário por 2^n é equivalente a correr a vírgula n casas para a esquerda.

Convertido então o número de decimal em binário, vamos achar o expoente. Nós vamos procurar um expoente tal que o número em binário tenha a sua parte inteira sempre igual a zero, e tenha sempre 1 imediatamente após a vírgula.

Ora, achar o expoente é simplesmente correr a vírgula para a direita ou para a esquerda até que cheguemos à condição 0,1xxx... (onde x significa 0s ou 1s).

Ao correr a vírgula uma casa para a direita, estamos diminuindo o expoente de uma unidade e, inversamente, correndo a vírgula uma casa para a esquerda, estamos aumentando o expoente de uma unidade.

Vejamos o caso do número 7,35. Já sabemos que sua representação binária é 111, 01011001, que podemos escrever como sendo 0,11101011001 com o expoente +3.

Agora já podemos achar o primeiro "byte" dos cinco que irão representar o número: o "byte" A, que nos dá o expoente. Como podemos ter expoentes

positivos e negativos, foi adotada a convenção dos números relativos para o expoente, o que equivale a dizer que devemos somar 80 (em hexadecimal) ao valor do expoente obtido. Assim, no exemplo anterior, o expoente seria 80H + 3 = 83H. É assim que se obtém o "byte" A.

Vimos que a mantissa, isto é, o número que se obtém após o ajuste do expoente, é um número de forma 0,1xxx..., portanto, como sempre, teremos um 1 após a vírgula. Esse 1 é redundante e, conseqüentemente, dispensável. Nada melhor, então, do que usar esse "byte" para indicar se o número é positivo ou negativo. Assim, se o número for negativo, mantém-se o 1 após a vírgula, e, se é positivo, troca-se o 1 por 0. Feito isso, preenche-se a mantissa à direita com tantos zeros quantos são necessários para totalizar quatro "bytes", isto é, 32 bits. Esses "bytes" são os "bytes" BCDE.

Para fixar a idéia, vamos converter mais dois números de decimal para a notação do computador:

X = − 13,25

Y = 0,42

- Parte inteira de X = 1101
  Parte inteira de Y = 0
- Parte fracionária

  de X: $0{,}25 = \frac{25}{100} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2^2}$.

  Portanto: 0,01

  de Y: $0{,}42 = \frac{42}{100} = \frac{21}{50} = \frac{53{,}76}{128} \cong \frac{53}{128} = \frac{53}{2^7}$

  Portanto: 0,0110101
- Conversão para binário:

  X = 1101,01

  Y = 0,0110101
- Obtenção dos expoentes:

  X = 0,110101 exp = +4 Portanto: "byte" A = 84H

  Y = 0,110101 exp = −1 Portanto: "byte" A = 7FH
- Colocação do sinal:

  X (negativo) → mantissa = 0,110101

  Y (positivo) → mantissa = 0,010101
- Geração da mantissa completa (4 "bytes")

  de X 11010100 00000000 00000000 00000000

  de Y 01010100 00000000 00000000 00000000

• Representação em hexadecimal:

X = 84 D4 00 00 00
Y = 7F 54 00 00 00

Aconselhamos o leitor a exercitar um pouco essa conversão de decimal para binário em ponto flutuante utilizando, para verificação do resultado, o programa a seguir onde o número N decimal entra no campo de variáveis do micro e de lá é lido e convertido para hexadecimal:

```
  10 DIM A(5)
  20 PRINT "N= ";
  30 INPUT N
  40 PRINT N,
  50 IF N=0 THEN GOTO 100
  60 LET V=PEEK 16400+256*PEEK 1
6401
  70 FOR J=1 TO 5
  80 LET A(J)=PEEK (V+J)
  90 NEXT J
 100 FOR J=1 TO 5
 110 LET I=INT (A(J)/16)
 120 PRINT CHR$ (28+I);CHR$ (28+
A(J)-16*I);" ";
 130 NEXT J
 140 PRINT
 150 GOTO 10
```

Se o leitor for verificar os exemplos aqui citados de conversão vai encontrar algumas divergências. Por exemplo: na conversão do número Y = 0,42 vamos encontrar 7F 57 0A 3D 70, que é, no entanto, uma aproximação melhor de 0,42, uma vez que, em nosso cálculo, utilizamos, na obtenção da parte fracionária, o numerador 128. Se, aq invés de 128, utilizarmos números maiores, vamos obter precisão melhor.

Qual será, então, o maior e o menor número que o nosso computador pode guardar?

Bem, o maior número será dado pelo maior expoente, que é FF, e por uma mantissa cheia de "1", exceto no "byte" B, onde o "bit" mais significativo será 0, pois se trata de um número positivo. Então, o maior número é

FF 7F FF FF FF

O expoente FF (isto é, 255) representa uma potência de (255 − 128) = 127. Portanto se trata do número binário:

$$0{,}111\ldots 1 \cdot 2^{127} = \underbrace{111\ldots}_{32\ 1s}\underbrace{1000\ldots 0}_{95\ 0s}$$

que é aproximadamente igual a $1{,}7014118 \cdot 10^{38}$.

Para o menor número (diferente de 0) temos

01 10 00 00 00 que vale 2,9387359 . 10^{-39}

onde o expoente é −127, e não −128, como seria de se esperar. Acontece que a máquina reserva o valor 0 para o "byte" A exclusivamente para o número 0. Isso é feito para acelerar um pouco as rotinas de cálculo, pois basta saber o valor do "byte" A para se saber se o número é zero ou não.

Bem, agora que dominamos a representação binária dos números em ponto flutuante, podemos esquecê-la, uma vez que a máquina encarrega-se dessas terríveis conversões.

As rotinas de cálculo constituem possivelmente o capítulo mais interessante do uso de linguagem de máquina, pois não se trata de rotina de cálculo apenas, mas algo ainda mais poderoso e extremamente flexível quanto ao uso.

Olhemos atentamente a Figura 6.1. Vemos inicialmente que as rotinas de cálculo (RC) comunicam-se com o programa em linguagem de máquina, com toda a memória da máquina (RAM & ROM), com uma região chamada "pilha de cálculo" (a qual também é acessada pelas rotinas normais de linguagem de máquina) e, finalmente, com uma área chamada "memória para cálculo". Os números EF e 34 serão explicados logo a seguir.

A "pilha de cálculo" é a interligação da rotina em linguagem de máquina com as RC para transferência de variáveis, sejam elas numéricas ou "strings". Essa pilha é semelhante à "stack" (a pilha de PUSHs e POPs), salvo quanto a:

- a pilha de cálculo não é invertida, isto é, à medida que vamos colocando dados nessa pilha, os mesmos vão entrando em endereços cada vez maiores;
- ao contrário da "stack", que guarda unicamente dois "bytes" de cada vez, pois armazena sempre pares de registradores, a pilha de cálculo, quando trabalha com variáveis numéricas, utiliza a notação de cinco "bytes" (ponto flutuante em binário), mas podendo também armazenar "strings" de tamanho variado;
- a pilha de cálculo fica numa região da memória indicada pelas variáveis PILFUN (posição 16410 e 16411) e PILFIM (posição 16412 e 16413), isto é, a primeira variável contém o endereço do início da pilha e a segunda o endereço de fim da pilha;
- a pilha de cálculo é um pouco volátil, ou seja, devemos tomar cuidado para não deixar dados armazenados nessa pilha quando estamos pulando de linguagem de máquina para BASIC. Veremos isso, mais adiante, de forma mais clara.

O leitor a esta altura deve estar perguntando como se vai passar um dado do programa em linguagem de máquina para a pilha de cálculo, se essa passagem

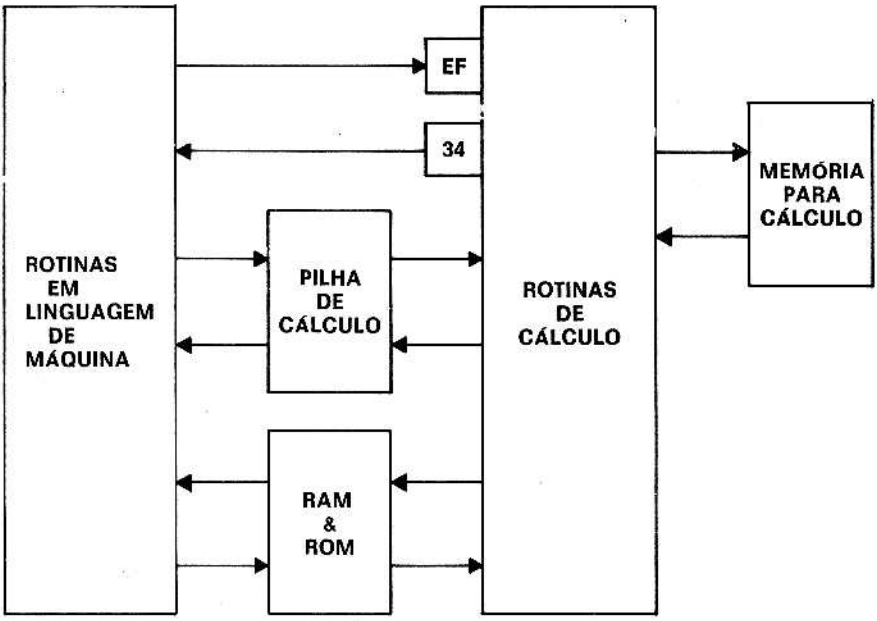


Fig. 6.1 **Rotinas de cálculo e sua interligação com a máquina**

tem que ser feita via pilha de cálculo, isto é, usando cinco "bytes" para variáveis numéricas, se em linguagem de máquina não trabalhamos com essa notação. A dúvida procede e o que deve ser feito é o seguinte:

- se for uma variável numérica armazenada pelo BASIC, é fácil, pois ela já está armazenada nessa notação. Trata-se, pois, de deslocar cinco "bytes" do campo das variáveis para a pilha de cálculo;
- se for uma variável armazenada nos registradores do Z-80, isto é, números de 0 a 65535, temos que converter esse número na notação de cinco "bytes" e aí colocar na pilha. Não deve haver preocupação, pois a ROM é generosa até nesse caso, apresentando uma sub-rotina que se encarrega disso. E, por que não, quando tivermos que colocar de volta um dado numérico da pilha de cálculo num par de registradores também vamos encontrar uma sub-rotina da ROM que faz isso. Para colocar da pilha no campo de variáveis é fácil, pois se trata de um simples deslocamento de cinco "bytes".

Vejamos, agora, a memória para cálculo. Essa é uma memória de uso exclusivo das rotinas de cálculo, que só pode guardar variáveis na notação de cinco "bytes" e tem capacidade para seis variáveis, isto é, ocupa trinta "bytes". Essa memória está localizada no fim da porção de RAM destinada a variáveis do sistema, ocupando do "byte" 16477 ao "byte" 16506, inclusive. Vamos ver o que significam os dois bloquinhos junto às RC indicados por EF e 34. Estando num programa em linguagem de máquina, para irmos para a RC chamamos da ROM a sub-rotina RST 28, cujo código é EF.

Feito isso, entramos no mundo do cálculo, onde não vamos nos preocupar com acumulador, registradores nem mesmo com as instruções do Z-80. Temos aí uma terminologia própria. Ora como a Fig. 6.1 mostra, que para sairmos da RC temos que usar a senha de saída, que é 34. O que vem no nosso programa em linguagem de máquina depois desse 34 são as instruções normais de linguagem de máquina.

Assim, o programa que segue é um simples passeio pelas RC, sem nada fazer lá.

```
16514    EF   entra em RC
         34   saída das RC
         C9   volta ao BASIC
```

Chamaremos de literal aos códigos usados dentro da RC, uma vez que não se tratará de instruções propriamente ditas, mas sim chamadas de sub-rotina da ROM. Assim, 34 é um literal.

Antes de explorarmos os recursos da RC, descrevendo as funções dos literais, vamos nos ocupar com a comunicação com a pilha de cálculo e a memória de cálculo. Mas, para que seja possível fazer algo em termos de cálculo, vamos apresentar as literais das operações fundamentais:

FUNÇÃO	LITERAL
Soma	0F
Subtração	03
Multiplicação	04
Divisão	05

Para realizarmos qualquer uma dessas operações, precisamos de dois números. Esses números são o último e o penúltimo números colocados na pilha de cálculo. A subtração será feita subtraindo o último número do penúltimo, e a divisão, dividindo o penúltimo pelo último. O leitor que conhece a RPN ("reverse polish notation"), usada em calculadoras como a HP, não terá dificuldade para trabalhar com essa pilha, por ser idêntica àquela quanto ao uso. Recomendamos ao leitor que não estiver seguro quanto ao deslocamento de dados nessa pilha, quando são adicionados novos dados ou retirados, que reveja o STACK do Z-80.

Ao efetuarmos uma operação entre dois números (sempre o penúltimo e o último da pilha), o resultado será colocado no fim da pilha, os dois números, objetos da operação, desaparecerão, e a pilha se deslocará de uma posição. Na Figura 6.2 mostramos o que ocorre:

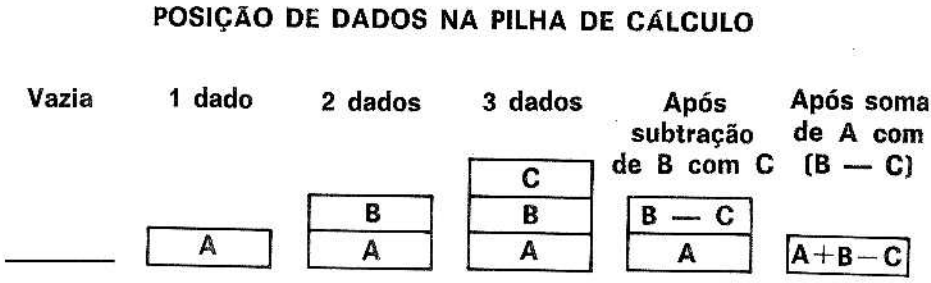


Figura 6.2 **Colocando um dado dos registradores na pilha de cálculo**

Temos duas sub-rotinas que colocam dados do Z-80 para a pilha de cálculo. A primeira, conhecida como "STACK A", coloca o conteúdo do acumulador na pilha. Seu endereço é 151D. Para chamá-la, usa-se CD1D15. A outra sub-rotina fica em 1520, e coloca o conteúdo do par de registradores BC na pilha de cálculo. Para chamar essa sub-rotina, usa-se CD2015. Essa sub-rotina é conhecida como "STACK BC".

Para retirar um dado da pilha e colocar nos registradores temos em 0EA7 uma sub-rotina conhecida como "UNSTACK BC" (para chamar, usa-se CDA70E). No entanto muito cuidado, porque essa volta da RC para os registradores só pode ser feita se o número armazenado na pilha for positivo e se seu inteiro for menor do que 65535. Se não, vai dar erro e a máquina voltará ao sistema de comando. Temos que ter em mente, também, que essa sub-rotina "UNSTACK BC" não pega simplesmente a parte inteira do número no topo da pilha, mas faz o arredondamento para o inteiro mais próximo. Assim, temos:

PILHA	BC
63,44	63
1248,51	1249
— 3,8	erro
141,833	erro

Vamos usar o que já aprendemos sobre cálculo, no exemplo que segue. Façamos um programa, em BASIC, que pede dois números, X e Y, e também a operação desejada entre eles (+ , — , / , x).

Esses dados podemos guardar assim:

X em 16444 e 16445
Y em 16446 e 16447
operação em 16417

Em linguagem de máquina, fazemos a leitura do número, vamos à RC, retornamos à linguagem de máquina e trazemos a resposta para o BASIC, no par de registradores BC.

A operação escolhida será inserida na RC através de um POKE feito em BASIC na posição do programa onde fica o literal.

Em BASIC, temos:

```
 10   PRINT "X=";
 20   INPUT X
 30   PRINT X
 40   PRINT "Y=";
 50   INPUT Y
 60   PRINT Y
 70   PRINT "OPERAÇAO E";
 80   INPUT A$
 90   PRINT A$
100   POKE 16445, INT (X/256)
110   POKE 16444, X — 256 * INT (X/256)
120   POKE 16447, INT (Y/256)
130   POKE 16446, Y — 256 x INT (Y/256)
140   IF A$ = "+" THEN POKE 16529,15
150   IF A$ = "—" THEN POKE 16529,3
160   IF A$ = " / " THEN POKE 16529,5
170   IF A$ = " x " THEN POKE 16529,4
180   PRINT X; A$; Y; "="; USR 16514
```

E, em linguagem de máquina

```
16514    LD BC,(16444)     ED4B3C40   Lê X
         STACK BC          CD2015     Coloca X na pilha
         LD BC,(16446)     ED4B3E40   Lê Y
         STACK BC          CD2015     Coloca Y na pilha
         RST 28            EF         Entra na RC
16529    (4091) OPERACAO   00         Executa a operação
```

→

```
FIM CALC        34          Sai da RC
UNSTACK BC      CDA70E      Carrega BC com o que está
                            no topo da pilha
RET             C9          Retorna ao BASIC
```

Curioso, faça a conta:

X = −15
Y = 40 Operação = +

e a máquina indicará erro na RC.

Agora faça:

X = −65.000
Y = 6 Operação = +

e a tela mostrará a resposta 542. Por quê?

Essas aparentes anomalias ocorrem porque, quando entramos com um número negativo e fazemos o POKE desse número, a máquina transforma o número no seu negativo (isto é, complemento binário + 1).

Assim, no primeiro caso, X = − 15 entrará na posição 16444/16445 como 65521 (15 = 000F, o complelmento é FFF0, somado a 1 dá FFF1), que, somado a Y (=40), deveria dar 65561, que faz estourar a capacidade dos registradores BC.

No segundo caso X = − 65.000 entrará como 536 (65.000 = FDE8, o complemento é 0217, somado a 1 dá 0218), que, somado a 6, dará 542.

NOTA: leve sempre em consideração que as sub-rotinas de STACK e UNSTACK destróem o conteúdo dos registradores, portanto, se for preciso preservá-los faça uso dos PUSHs e POPs necessários.

Já vimos, então, que constitui um grande problema ter que descarregar o resultado de um cálculo feito pela RC em um par de registradores que está limitado a números positivos e menores que 65535,5 (por quê?).

Para contornar esse inconveniente, podemos jogar o número que está no topo da pilha de cálculo para dentro de uma variável definida no BASIC, portanto armazenada a partir do endereço fornecido por VARS. Não existe na ROM uma sub-rotina que faz essa transferência. A rotina abaixo faz isso:

```
16514 (4082) LD HL,(VARS)     2A1040 ┐ Carrega DE com o endereço
             LD BC,5          010500 │ do quinto "byte"
             ADD HL,BC        09     │ ("byte" E) da primeira
             PUSH HL          E5     │ variável armazenada pela BASIC
             POP DE           D1     ┘

             LD HL,(PILFIM)   2A1C40 ┐ Carrega HL com o endereço
             DEC HL           2B     ┘ do quinto "byte" do número
                                       no topo da pilha de cálculo
```

```
LDDR              EDB8    ) Transfere os cinco "bytes"
                          ) da pilha para a variável
INC HL            23      )
LD(PILFIM),HL     221C40  ) Corrige o valor de
                          ) PILFIM
RET               C9      ) Retorna ao BASIC
```

Note que, como o valor de PILFIM foi refeito, isto é, apontando agora para uma posição de cinco "bytes" abaixo, a variável transferida foi também eliminada da pilha de cálculo. De forma inversa, a sub-rotina que segue transfere um número armazenado na área das variáveis para o topo da pilha de cálculo. Para realizar essa transferência, precisamos, em primeiro lugar, abrir espaço para a entrada dessa variável. Isso é feito utilizando, na RC, um literal que não vimos ainda: A0, que coloca o número 0 (cinco "bytes") no topo da pilha de cálculo.

A sub-rotina é a seguinte:

```
16514   RST 28            EF        ) Abre espaço no topo da
        CARREGAR 0        A0        ) pilha de cálculo
        FIM CALC          34        )
        LD DE,(PILFIM)    ED5B1C40  ) Carrega DE com o endereço do
        DEC DE            1B        ) último "byte" na variável no
                                    ) topo da pilha
        LD HL,(VARS)      2A1040    ) Carrega HL com o endereço do
        LD BC,5           010500    ) último "byte" da primeira
        ADD HL,BC         09        ) variável armazenada em BASIC
        LDDR              EDB8      ) Transfere os cinco "bytes"
        RET               C9        ) Retorna ao BASIC
```

Como exercício, façamos o seguinte: vamos entrar com um número em BASIC (X), transferi-lo para a pilha de cálculo, transferi-lo mais uma vez para a pilha de cálculo, multiplicar ambos (ou seja, elevar o número ao quadrado e transferir o resultado de volta para o lugar da mesma variável (X):

```
10 PRINT "X=";
20 INPUT X
30 PRINT X
40 LET L=USR 16514
50 PRINT "X**2=";X
```

Em linguagem de máquina, temos:

```
16514   LD A,2              3E02      } Cria contador em A
     (B)PUSH AF             F5        } Salva o acumulador
        RST 28              EF
        CARREGA 0           A0
        FIM CALC            34
        LD DE,(PILFIM)      ED5B1C40  } Sub-rotina que transfere
        DEC DE              1B        } o valor da variável X para
        LD HL,(VARS)        2A1040    } a pilha de cálculo
        LD BC,5             010500
        ADD HL,BC           09
        LDDR                EDB8
        POP AF              F1        } Repete uma vez a rotina anterior
        DEC A               3D        }
        JRZ (A)             2802
        JR (B)              18E8
     (A)RST 28              EF
        MULT                04        } Eleva X ao quadrado
        FIM CALC            34
        LD HL,(VARS)        2A1040
        LD BC,5             010500
        ADD HL,BC           09
        PUSH HL             E5
        POP DE              D1        } Transfere o resultado da
        LD HL,(PILFIM)      2A1C40    } pilha para X
        DEC HL              2B
        LDDR                EDB8
        INC HL              23
        LD(PILFIM),HL       221C40
        RET                 C9        } Retorna ao BASIC
```

Quando falamos que a pilha de cálculo era um pouco volátil, queríamos dizer o seguinte: os dados armazenados na pilha de cálculo lá permanecem enquanto o programa estiver rodando em linguagem de máquina ou. então, na Rotina de Cálculo. Ao voltar para o BASIC, a pilha é destruída.

Vamos ver agora como funciona a memória para cálculo. O diagrama da Fig. 6.1 mostra que se tem acesso a essa memória via RC. Essa memória não é afetada pela volta ao BASIC, nem mesmo pela instrução NEW. Para armazenar um dado nessa memória para cálculo o dado precisa estar no topo da pilha de cálculo e o armazenamento não afeta o dado na pilha de cálculo. Quando lemos um dado da memória para cálculo, o dado é colocado no topo da pilha de cálculo e, assim, desloca todos os outros dados dessa pilha para baixo em cinco "bytes". O dado nesse caso é lido e não retirado, pois continua na memória para cálculo.

Os literais para guardar um dado na memória para cálculo e ler um dado da memória para cálculo são:

C0	armazena	um	dado	na	memória	N.° 0
C1	"	"	"	"	"	N.° 1
C2	"	"	"	"	"	N.° 2
C3	"	"	"	"	"	N.° 3
C4	"	"	"	"	"	N.° 4
C5	"	"	"	"	"	N.° 5

E0	lê	o	dado	armazenado	na	memória N.° 0
E1	"	"	"	"	"	" N.° 1
E2	"	"	"	"	"	" N.° 2
E3	"	"	"	"	"	" N.° 3
E4	"	"	"	"	"	" N.° 4
E5	"	"	"	"	"	" N.° 5

Se, de um lado, a memória para cálculo é um lugar indelével para guardar dados, de outro, temos que ficar sempre atentos às Rotinas de Cálculo, pois muitas delas utilizam para a execução de seus cálculos uma ou mais dessas memórias, alterando, assim, valores que tenham sido guardados anteriormente.

Voltando, ainda, à Fig. 6.1, vemos que existe uma comunicação direta da RC com as memórias RAM e ROM. O real significado dessa comunicação será visto ao abordarmos o literal 28.

Agora que já conhecemos a estrutura de cálculo da máquina, podemos abordar, uma a uma, as sub-rotinas disponíveis para uso. No apêndice F, mostraremos uma tabela que contém o literal, o nome da rotina e o endereço da mesma.

AS SUB-ROTINAS DE CÁLCULO 7

Para simplificar a explicação que segue, vamos chamar de X o número que se encontra no topo da pilha de cálculo, de Y o número imediatamente seguinte, e de Z o próximo (se existir).

Os literais estão em hexadecimal. Para que o leitor possa se familiarizar com essa sub-rotina que vamos apresentar, recomendamos que as analise uma a uma, fazendo uso do programa que segue. Esse programa pede, inicialmente, um valor para X e outro para Y. Em seguida, aparece na tela LITERAL =, e entramos com o literal em hexadecimal.

Como resposta, aparece primeiramente a indicação PILHA = XX BYTES, para mostrar o tamanho resultante da pilha de cálculo após a aplicação da sub-rotina chamada pelo literal dado sobre os dois números que estavam na pilha de cálculo X e Y. Note-se que cada cinco "bytes" significa um número, isto é, antes da sub-rotina em questão a pilha tem sempre dez "bytes". Finalmente, aparece o resultado da operação na forma RESULTADO (EM X) =, uma vez que o resultado estará sempre na posição X.

O programa para análise das sub-rotinas de cálculo é o seguinte:

- em BASIC:

```
 10 PRINT
 20 PRINT
 30 PRINT "X=";
 40 INPUT X
 50 PRINT X
 60 POKE 16532,0
 70 LET L=USR 16514
 80 PRINT "Y=";
 90 INPUT X
100 PRINT X
110 POKE 16532,5
120 PRINT "LITERAL=";
130 INPUT A$
140 PRINT A$
150 POKE 16540,16*CODE A$(1)+CO
DE A$(2)-476
```

```
160 PRINT "PILHA=";
170 LET L=USR 16514
180 PRINT PEEK 16417;" BYTES"
190 PRINT "RESULTADO (EM X)";X
200 PRINT
210 GOTO 30
```

- e, em linguagem de máquina:

```
16514   RST 28              EF
        CARREGA 0           A0
        FIM CALC            34
        LD DE,(PILFIM)      ED5B1C40
        DEC DE              1B
        LD HL,(VARS)        2A1040
        LD BC,5             010500
        ADD HL,BC           09
        LDDR                ED88
16531                       1800
        RST 28              EF
        ARMAZENA MEM        C5
        TROCA               02
        FIM CALC            34
        RET                 C9
16538   RST 28              EF
        LE MEM              E5
16540   OPERACAO            00
        FIM CALC            34
                            2A1C40
                            ED5B1A40
                            A7
                            ED52
                            7D
                            322140
        LD HL,(VARS)        2A1040
        LD BC,5             010500
        ADD HL,BC           09
        PUSH HL             E5
        POP DE              D1
        LD HL,(PILFIM)      2A1C40
        DEC HL              2B
        LDDR                ED58
        INC HL              23
        LD(PILFIM),HL       221C40
        RET                 C9
```

Coloca a primeira variável numérica no topo da pilha

Decisão

Rotina para armazenar X na memória número 5

Realiza a operação desejada

Calcula o tamanho da pilha em número de "bytes"

Rotina que transfere o número no topo da pilha (X) para a primeira variável definida em BASIC

Nesse programa, vale a pena observar como é feito o carregamento dos valores X e Y para a pilha. Inicialmente, entra-se com o valor X (primeira variável definida em BASIC) e, na linha 60, fazemos o deslocamento da instrução JUMP RELATIVE (em 16531) igual a 0. Dessa forma, quando for chamada a sub-rotina em linguagem de máquina pela instrução 70, o valor de X será armazenado na posição 5 da memória para cálculo.

Em seguida, é pedido o valor Y, mas o que realmente se faz é entrar com um novo valor para X (linha 90) e agora (em 110) fazemos o deslocamento da instrução "JUMP RELATIVE" igual a 5. Assim, ao chamarmos pela segunda vez a

rotina em linguagem de máquina (linha 170), o programa, ao chegar na posição 16531, saltará para 16538, realizando a operação desejada sobre X e Y. Em seguida, é calculado o tamanho da pilha e o resultado é armazenado em 16417. Finalmente, transfere-se o resultado da operação para a variável X. Note-se, portanto, que a variável X é usada para a entrada dos valores X e Y e para a saída do resultado.

Existem três categorias de operação possíveis na sub-rotina de cálculo:

- operação sobre uma única variável. Ex.: SIN X, LN X, INT X, etc. Em nosso programa de demonstração essa classe de operação será realizada sobre o conteúdo da memória X.
- operação sobre duas variáveis. Ex.: soma, multiplicação, potenciação, etc. Em nosso programa de demonstração serão realizados sobre X e Y, ficando sempre o resultado em X;
- operação de deslocamento de dados. Ex.: armazenar e ler da memória para cáiculo, que não podem ser demonstradas em nosso programa, porém que já foram vistas.

Depois de tantos "considerandos", vamos finalmente às sub-rotinas.

• 01 TROCA

Esta sub-rotina troca de lugar X e Y. A posição dos demais números, se existirem, fica inalterada.

Trata-se de uma sub-rotina útil antes de uma subtração ou divisão, quando se quer inverter os termos.

• 02 APAGA

Esta sub-rotina apaga X e desloca toda a pilha de cálculo de uma posição (cinco "bytes") para cima. Assim, Y passa a ser X, Z passa a ser Y e assim por diante.

• 03 SUBTRAÇÃO

Esta sub-rotina realiza a operação Y − X, colocando o resultado em X. Os valores originais de X e Y desaparecem e o restante da pilha se desloca, uma posição para cima, i. é, Z passa a ocupar o lugar de Y, e assim por diante.

• 04 MULTIPLICAÇÃO

Esta sub-rotina realiza a operação X * Y, colocando o resultado em X. Z passa a ocupar o lugar de Y, e assim por diante.

• **05 DIVISÃO**

Esta sub-rotina realiza a operação Y/X, colocando o resultado em X. Z passa a ocupar o lugar de Y e assim por diante.

• **06 POTENCIAÇÃO**

Esta sub-rotina realiza a operação Y^x, colocando o resultado em X. Z passa a ocupar o lugar de Y e assim por diante.

Se $Y = 0$ e $X = 0$, o resultado será 1;
Se $Y = 0$ e $X > 0$, o resultado será 0;
Se $Y = 0$ e $X < 0$, dá "overflow".

• **07 OU**

Esta sub-rotina faz o seguinte:

para $X \neq 0$, retorna com 1;
para $X = 0$, retorna com Y.
O retorno é feito na posição X e a pilha se desloca de uma posição para cima.

• **08 E**

Esta sub-rotina faz o seguinte:
para $X \neq 0$, retorna com Y;
para $X = 0$, retorna com 0;
O retorno é feito na posição X e a pilha se desloca de uma posição para cima.

• **0F SOMA**

Esta sub-rotina realiza a operação $X + Y$, colocando o resultado em X. Os números originais são perdidos e a pilha sobe de uma posição.

• **18 MUDA SINAL**

Esta sub-rotina troca o sinal do número X. Os demais números da pilha permanecem inalterados e na posição original.

• **1C SENO**

Esta sub-rotina realiza a operação sen X, onde X é interpretado em radiano. O resultado, isto é, sen X, fica na posição X. Os demais números não se alteram.

• **1D COSSENO**

Esta sub-rotina realiza a operação cos X, onde X é interpretado em radiano. O resultado, isto é, cos X, fica na posição X. Os demais números não se alteram.

• **1E TANGENTE**

Esta sub-rotina realiza a operação tan X, onde X é interpretado em radiano. O resultado, isto é, tan X, fica na posição X. Os demais números não se alteram.

• **1F ARCO-SENO**

Esta sub-rotina realiza a operação arcsin X. O resultado, arcsin X, é dado em radianos e fica na posição X. Os demais números não se alteram.

• **20 ARCO-COSSENO**

Esta sub-rotina realiza a operação arcos X. O resultado, arcos X, é dado em radianos e fica na posição X. Os demais números não se alteram.

• **21 ARCO-TANGENTE**

Esta sub-rotina realiza a operação arctan X. O resultado, arctg X, é dado em radianos e fica na posição X.Os demais números não se alteram.

• **22 LOGARITMO NEPERIANO**

Esta sub-rotina realiza a operação $\log_e X$, se $X>0$. Caso contrário, a rotina pára, dando erro. O resultado é colocado na posição X. Os demais números não são alterados.

• **23 EXPOENTE**

Esta sub-rotina realiza a operação e^x. O resultado é colocado na posição X. Os demais números não são alterados.

• **24 INTEIRO**

Esta sub-rotina calcula a parte inteira de X, arredondando-a sempre para baixo. Ex.: INT 8,7 = 8; INT 3,1 = 3; e INT − 5,6 = −6. O resultado é colocado na posição X. Os demais números não são alterados.

• **25 RAIZ QUADRADA**

Esta sub-rotina realiza a operação $\sqrt{X}$, achando, assim, o valor positivo da raiz quadrada, que é colocado na posição X. Se $X<0$, a rotina pára e acusa o erro. Os demais números não são alterados.

• **26 SINAL**

Esta sub-rotina detecta o sinal de X e dá como resultado em X o seguinte:

se X > 0, o resultado é 1;

se X < 0, " " " − 1;

se X = 0, " " " 0.

Os demais números não são alterados.

• **27 MÓDULO**

Esta sub-rotina realiza a operação |X|. O resultado é colocado em X. Os demasi números não são alterados.

• **28 PEEK**

Esta sub-rotina realiza a operação PEEK X. Isto é, o valor de X é trocado pelo conteúdo da posição de memória X. Os demais números não são alterados.

Experimente, no programa de verificação dado, fazer X = 16514 e entrar com esse literal, i, é, 28. O resultado será 239, que é o valor de EF, primeira instrução do nosso programa em linguagem de máquina.

• **29 USR**

Esta sub-rotina realiza a operação USR X. Em outras palavras, ela substitui o valor no topo da pilha (X) pelo resultado da sub-rotina que tem início em X. O resultado, como sabemos, é o valor armazenado no par de registradores BC. Para testar essa sub-rotina, façamos o seguinte: criemos no nosso programa de verificação a linha 2 REM 0000 e entremos com o seguinte programa:

```
16584    LD BC,1984      01C007
         RET             C9
```

Agora façamos, no programa de verificação, X = 16584, Y = qualquer, e literal = 29. O resultado será 1984.

• **2C NÃO**

Esta sub-rotina realiza a seguinte operação:

se X = 0, o resultado será 1;

se X ≠ 0, o resultado será 0.

Os demais números não são alterados.

• **2D DUPLICAÇÃO**

Esta sub-rotina duplica o valor que está no topo da pilha, deslocando Y para a posição Z.

Assim, temos:

antes de duplicar	depois de duplicar
	X = A
X = A	Y = A
Y = B	Z = B

• **2E Y MÓDULO X**

Esta sub-rotina transforma os números em X e Y, da seguinte forma:

X → INT (Y/X)

Y → Y - INT (Y/X)

É necessário que X seja diferente de zero, senão dará erro. Os demais números não são alterados.

• **32 MENOR QUE ZERO**

Esta sub-rotina detecta o sinal do número colocado em X e o substitui por 1 se o valor de X for negativo, e, por zero, se o valor for maior ou igual a zero. Os demais números não são alterados.

• **33 MAIOR QUE ZERO**

Esta sub-rotina detecta o sinal do número colocado em X e o substitui por 1 se esse número for maior que zero, e, por zero, se o número for menor ou igual a zero. Os demais números não são alterados.

• **34 FIM CÁLCULO**

Este literal, como já vimos, indica à máquina que acabou a rotina de cálculo.

• **35 ARGUMENTO REDUZIDO**

Esta sub-rotina considera que o número em X é um ângulo em radianos e o transforma numa variável V, tal que $-1 \leq V \leq 1$ e satisfazendo ainda a condição sen X = sen (V * $\pi/2$).

Esta sub-rotina é preparatória para as sub-rotinas 1C, 1D e 1E, uma vez que as funções trigonométricas requerem argumentos mínimos para que as séries que as calculam sejam convergentes.

• **36 ARREDONDAMENTO PARA ZERO**

Esta sub-rotina substitui o valor de X pelo seu inteiro, arredondado sempre em direção ao zero. Assim, se X = − 8,7, o resultado será − 8; se X = 5,2, o resultado será 5. Os demais números permanecem inalterados.

• **A0 COLOCA ZERO**

Esta sub-rotina coloca no topo da pilha o valor 0, deslocando, assim, todos os números existentes na pilha de uma casa.

Assim, X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

• **A1 COLOCA UM**

Esta sub-rotina coloca no topo da pilha o valor 1, deslocando assim todos os números existentes na pilha de uma casa. Assim, X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

• **A2 COLOCA MEIO**

Esta sub-rotina coloca no topo da pilha o valor 1/2, deslocando assim todos os números existentes na pilha de uma casa. Assim, X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

• **A3 COLOCA $\pi/2$**

Esta sub-rotina coloca no topo da pilha o valor $\pi/2$, deslocando assim todos os números existentes na pilha de uma casa. Assim, X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

• **A4 COLOCA DEZ**

Esta sub-rotina coloca no topo da pilha o valor 10, deslocando assim todos os números existentes na pilha de uma casa. Assim, X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

• **C0, C1, C2, C3, C4 e C5**

Estas sub-rotinas colocam o número que está no topo da pilha, X, nas posições de 0 a 5 da memória para cálculo. Todos os números da pilha ficam inalterados, inclusive X.

• **E0, E1, E2, E3, E4 e E5**

Estas sub-rotinas colocam os números armazenados nas posições de 0 a 5 da

memória para cálculo, no topo da pilha, deslocando, assim, todos os números lá existentes de uma casa. Portanto X passa a ser Y, Y passa a ser Z, e assim por diante.

Fora as sub-rotinas aqui apresentadas existem outras de uso muito restrito para o programador, razão pela qual não foram analisadas. Estas são, na maioria, sub-rotinas usadas pelo interpretador da máquina para cálculo.

Entre as sub-rotinas não analisadas existem algumas que tratam de "STRINGs" e podem por isso despertar a curiosidade do leitor para seu uso. Não vamos nos aprofundar nesse asunto, mas apenas lembrar que a pilha pode armazenar STRINGs também.

O leitor poderá ter uma idéia do que fazem algumas dessas sub-rotinas entrando com o seguinte programa:

```
  10 PRINT "ENTRE COM DADO";
  20 INPUT A
  30 PRINT A
  40 POKE 16508,INT (A/256)
  50 POKE 16507,A-256*INT (A/256
)
  60 PRINT "LITERAL=";
  70 INPUT A$
  80 PRINT A$
  90 POKE 16523,16*CODE A$(1)+CO
DE A$(2)-476
 100 PRINT "RESULTADO=";USR 1651
4
 110 PRINT
 120 GOTO 10
```

E, em linguagem de máquina, com o programa:

```
16514    LD BC,(16507)    ED4B7B40
         STACK BC         CD2815
         RST 28           EF
         STRING           2A
         OPERACAO         00
         FIM CALC         34
         UNSTACK BC       CDA70E
         RET              C9
```

Esse programa pede a entrada de um número (entre 0 e 65535) e um literal. Em linguagem de máquina, o número em X é transformado em STRING (literal 2A) para aí receber a operação desejada, já como STRING. Assim, se entrarmos com o literal 1A = VAL, obteremos como resultado o próprio número que entramos. Se entrarmos com 19 = CODE, vamos obter como resultado o código do primeiro caracter da STRING. Assim, se o número entrado for 584, obteríamos 33, que é código de "5".

As sub-rotinas de cálculo, como o leitor deve ter verificado, constituem um poderoso instrumento de trabalho para o programador em linguagem de máquina. Devemos ressaltar, no entanto, que seu uso deve ficar restrito aos casos realmente de cálculo que não podem facilmente ser resolvidos ao nível de instruções diretas no Z-80. Isso porque essas rotinas são extremamente longas e complexas, demorando muitas delas um tempo que se torna proibitivo para os programas em linguagem de máquina.

Explicando melhor, se o programador deseja fazer um programa cuja essência é cálculo, dificilmente será vantajoso ir para linguagem de máquina, pois, de um lado, ela não oferece vantagem quanto a recursos de cálculo e, de outro, o ganho em tempo de execução do programa será mínimo e, ainda mais, é bem mais difícil programar em linguagem de máquina do que em BASIC.

Muito embora o tempo gasto para executar uma boa parte das sub-rotinas de cálculo dependa do valor do argumento, isto é, o tempo para calcular sin 7 rad é diferente do tempo gasto para calcular sen 0, vamos assim mesmo mostrar alguns valores típicos dos tempos gastos pelas principais sub-rotinas:

LITERAL	DESCRIÇÃO	TEMPO (10^{-3}s)
0F	soma	3,3
03	subtração	10,0
04	multiplicação	10,0
05	divisão	15,0
26	sinal	2,0
27	módulo	2,0
2D	duplicação	2,0
02	apaga	2,0
A0	coloca zero	2,0
24	inteiro	5,5
28	peek	5,5
A1	coloca 1	5,5
A2	coloca 1/2	5,5
A3	coloca $\pi/2$	5,5
A4	coloca 10	5,5
1C	seno	260
1D	cosseno	270

1E	tangente	540
1F	arco-seno	1.050
20	arco-cosseno	1.050
21	arco-tangente	360
25	raiz quadrada	680
22	logaritmo neperiano	420

Fica claro, portanto, que as sub-rotinas de cálculo são várias ordens de grandeza mais lentas do que as instruções em linguagem de máquina.

Vejamos um exemplo de aplicação das sub-rotinas de cálculo. Seja o caso de se medir o tempo entre dois eventos, utilizando-se a variável FRAMES. O que vamos fazer é um cronômetro que indica o tempo em minutos, segundos e décimos de segundos. Para disparar o cronômetro, basta pressionar uma tecla qualquer. O final do tempo será determinado no instante em que se pressionar uma tecla novamente.

Como já vimos, a variável FRAMES é decrescente e diminui de 60 unidades por segundo. Por isso, a primeira providência que tomamos no programa é carregá-la com 65535 (FFFF). Como o problema exige que se tenha décimos de segundo, optaremos por criar uma variável (A) no início do programa em BASIC a qual, no final da rotina em linguagem de máquina, será carregada com o valor dos segundos e décimos. Já para os minutos, que é número inteiro e menor que 256 [isso porque a variável FRAMES pode, no máximo, contar 18 minutos, isto é, 65535/[60 x 60]], vamos usar o "byte" 16417.

A explicação da seqüência dos eventos na parte do programa que usa as sub-rotinas de cálculo será dada na Fig. 7.1, onde se mostra, passo a passo, o que ocorre com a pilha de cálculo.

O programa em BASIC é o seguinte:

```
  10 LET A=0
  20 RAND USR 16514
  30 PRINT AT 11,9;PEEK 16417;"
MIN   ";A;" SEG"
```

e em linguagem de máquina:

```
16514  (A)KSCAN          CDBB02   ┐
       INC L             2C       ┘  Espera pressionar uma tecla

       JRZ(A)            28FA     ┐
       LD HL,65535       21FFFF   ┘  Carrega "FRAMES" com 65535
       LD(FRAMES),HL     223440

       (B)KSCAN          CDBB02   ┐
       INC L             2C       ┘  Espera soltar a tecla
```

→

```
   JRNZ (B)              20FA
(C)KSCAN                 CD6B02
   INC L                 2C
   JRZ (C)               28FA
   LD BC,(FRAMES)        ED4B3440
   STACK BC              CD2015
   LD BC,65535           01FFFF
   STACK BC              CD2015
   RST 28                EF
   TROCA                 01
   SUBTRAI               03
   COLOCA 10             A4
   DUPLICA               2D
   MULTIPLICA            04
   COLOCA 1/2            A2
   MULTIPLICA            04
   COLOCA 10             A4
   SOMA                  0F
   ARMAZENA              C5
   DIVIDE                05
   DUPLICA               2D
   LE MEM 5              E5
   DIVIDE                05
   INTEIRO               24
   ARMAZENA              C4
   LE MEM 5              E5
   MULTIPLICA            04
   SUBTRAI               03
   COLOCA 10             A4
   MULTIPLICA            04
   INTEIRO               24
   COLOCA 10             A4
   DIVIDE                05
   LE MEM 4              E4
   FIM CALC              34
   UNSTACK BC            CDA70E
   LD A,C                79
   LD(16417),A           322140
   LD HL,(VARS)          2A1040
   LD BC,5               010500
   ADD HL,BC             09
   PUSH HL               E5
   POP DE                D1
   LD HL,(PILFIM)        2A1C40
   DEC HL                2B
   LDDR                  EDB8
   INC HL                23
   LD(PILFIM),HL         221C40
   RET                   C9
```

Espera pressionar uma tecla

Coloca "FRAMES"na pilha

Coloca 65535 na pilha

Coloca minutos no "byte" 16417

Coloca o valor do topo da pilha para a primeira variável definida em BASIC

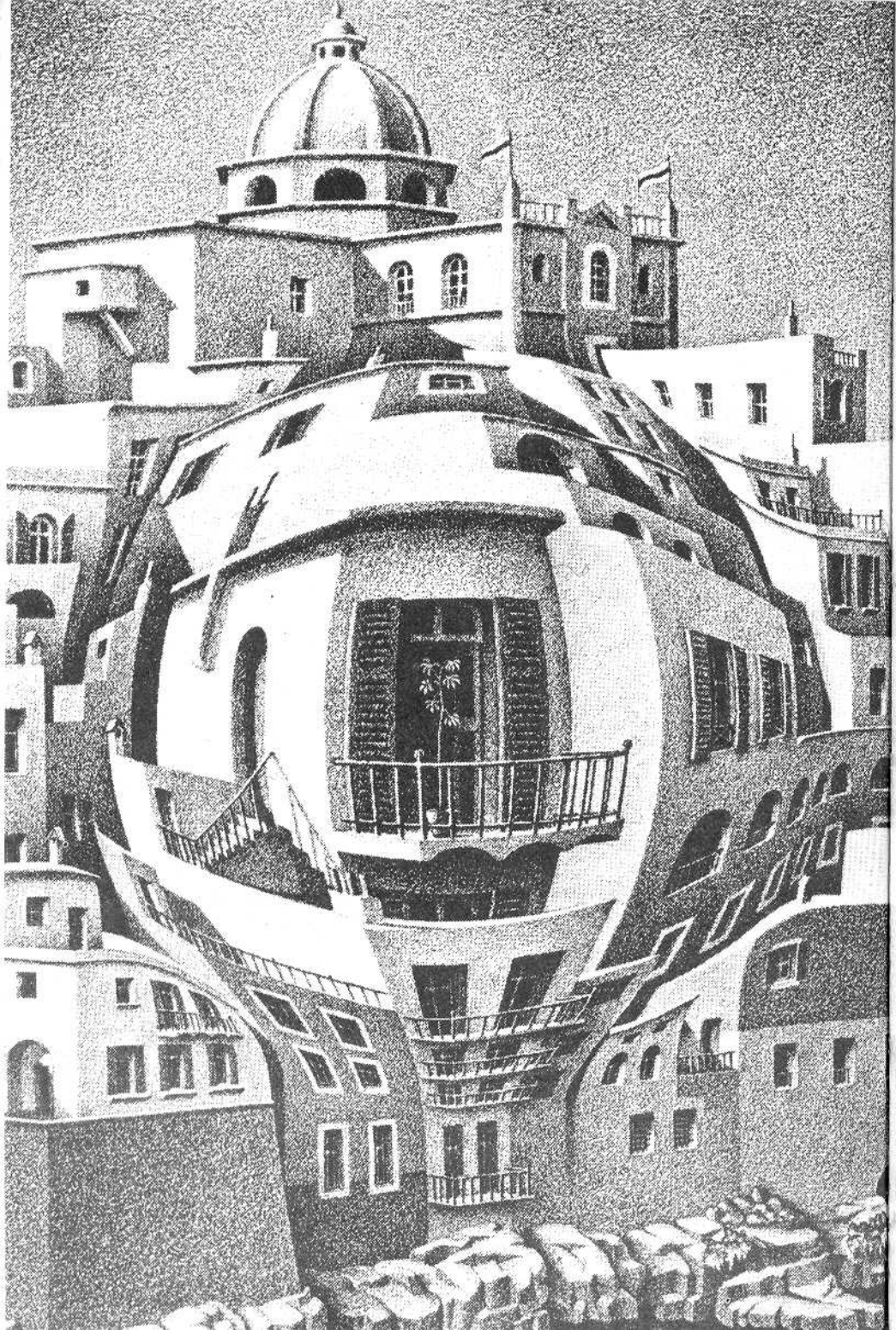
Fig. 7.1

PILHA	LITERAL	COMENTÁRIOS
65535 FRAMES		Posição inicial da pilha
	01 (troca)	
FRAMES 65535		
	03 (subtrai)	Inverte a posição para a subtração
T'		T' = 65535 − (FRAMES)
	A4 (coloca 10)	
10 T'		
	2D (duplica)	Início da criação do número 60)
10 10 T'		
	04 (multiplica)	
100 T'		
	A2 (coloca 1/2)	
1/2 100 T'		
	04 (multiplica)	
50 T'		
	A4 (coloca 10)	

→

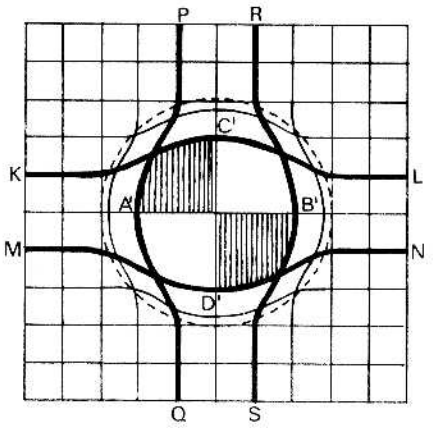
10 50 T'	0F (soma)	
60 T'	C5 (armazena)	Fim da criação do número 60
60 T'	05 (divide)	Armazena 60 na memória número 5
T	2D (duplica)	Obtém T = T'/60, i. é, tempo em segundos
T	E5 (lê mem 5)	
60 T T	05 (divide)	
M' T	24 (inteiro)	Obtém M' = T/60 que é o tempo em minutos
M T	C4 (armazena)	Obtém M = INTEIRO EM M'
M T	E5 (lé mem 5)	Armazena M na meméria número 5

60 M T	04 (multiplica)	
60 x M T	03 (subtrai)	
X	A4 (coloca 10)	Obtém X = T − 60 x M, que é o tempo em segundos descontados os minutos (inteiros)
10 X	04 (multiplica)	
10 x X	24 (inteiro)	
INT (10 x X)	A4 (coloca 10)	
10 INT (10 x X)	0 (divide)	
S		Obtém S = INT (10 x X)/10 que é a fórmula para se obter décimos de segundos
S M	E4 (lê mem 4)	
	34 (fim calc)	Deixa o resultado na pilha para ser retirado



2ª PARTE

PROGRAMAS: APLICAÇÕES & JOGOS



8 MESTRE-2

Na primeira parte do livro vimos um pequeno programa, escrito em BASIC, que permitia carregar programas escritos em linguagem de máquina numa instrução REM. Mencionamos, também, que, na bibliografia, existe uma boa variedade de sugestões de programas desse tipo. Bem, o que vamos mostrar em seguida é, na verdade, mais um programa para aumentar a lista de "carregadores de linguagem de máquina". Esse programa apresenta, no entanto, algumas características que o distinguem dos demais, e, a nosso ver, justificam sua existência. Vejamos porquê.

Um programa carregador de linguagem de máquina deve satisfazer às seguintes condições:

- ser de uso simples;
- ocupar pouca memória;
- ser rápido;
- não perturbar o programa que está sendo gerado quer em BASIC quer em linguagem de máquina;
- poder ser gravado;
- ser de fácil apagamento.

Se o programa carregador de linguagem de máquina — que chamaremos de MESTRE — for escrito em BASIC, ele apresentará quatro desvantagens imediatas, que são: lentidão, estar na área de trabalho do programa que está sendo gerado, ser de difícil apagamento (que tem que ser feito linha por linha) e, finalmente, ocupa muita memória.

Por essas razões, o programa MESTRE-2 que vamos mostrar está escrito integralmente em linguagem de máquina. Esse programa deve ser escrito em uma instrução REM e gravado. Para usá-lo, lê-se o programa da fita, roda-se o programa utilizando o comando direto RAND USR 16514, quando, então, aparece o cardápio. Pressionando-se a tecla T, o programa é transferido para depois de RAMTOP. Pode-se, aí, apagar a instrução REM e teremos o programa MESTRE-2 transparente ao BASIC, ou, mesmo, ao programa em linguagem de máquina que vamos escrever.

O MESTRE-2 apresenta os seguintes recursos:

- transfere-se para além da RAMTOP;
- entra com programas escritos em hexadecimal;
- lê programas a partir de qualquer endereço e por um número escolhido de bytes. A leitura é mostrada em hexadecimal;
- insere programas em linguagem de máquina numa rotina já existente;
- transfere-se de volta para qualquer endereço, especificado pelo programador;
- na operação de leitura (chamada de listagem, no programa), entrada de dados e inserção de dados, o programa calcula a soma sintática e coloca no par de registradores BC. Assim, se desejamos essa soma, devemos chamar o programa dando o comando direto PRINT USR X, ou LET L=USR X, onde X é o endereço onde começa o MESTRE-2, que pode ser na posição RAMTOP ou em qualquer endereço para onde tenha sido chamado.

O MESTRE-2 ocupa 376 bytes. Assim, para transferi-lo para além da RAMTOP, temos que alterar essa variável, reduzindo-a de 376 unidades. Então, dependendo do tamanho da memória, temos:

MEMÓRIA RAM	RAMTOP (Original)	RAMTOP (Alterado)
1 K	17408	17032
2 K	18432	18056
16 K	32768	32392
64 K	65536	65160

Vejamos, agora, etapa por etapa, como criar e utilizar o MESTRE-2. Para carregar:

- utilizando o programa em BASIC dado no início do livro, carrega-se o MESTRE-2 numa instrução REM, previamente preparada com 376 caracteres (376 caracteres é equivalente a 11 linhas de caracteres na tela e mais 24 caracteres. Assim, o programa vai começar no endereço 16514.
  Grava-se o programa.

Para usar:

- muda-se a RAMTOP de acordo com os valores indicados na tabela. Em seguida, faz-se NEW e NEW LINE.
- Faz-se o LOAD do programa da fita.

- Com o programa já carregado na instrução REM, faz-se o comando direto RAND USR 16514.
- Aparecerá o cardápio das funções, da seguinte forma:
  ENT INSER LIST REM RAMTOP BASIC
  mostrando as seis operações disponíveis. Note-se que, para entrar com uma das opções, pressiona-se a tecla da letra em forma de vídeo invertido.
- Pressiona-se a tecla T para transferir o programa para depois do RAMTOP. Não é preciso usar NEW LINE, uma vez que a leitura do teclado é feita por uma rotina do tipo INKEY$.
- Apaga-se a instrução REM onde estava o programa fazendo NEW e NEW LINE.

Descrição das funções:

• ENT

Para entrar com um programa é preciso, antes de se pressionar a tecla E, indicar o endereço a partir do qual o programa deve ser escrito. Se vamos colocar numa instrução REM, no início do programa, então o endereço inicial é 16514. Coloca-se, então, o endereço inicial nas posições de memória 16507 e 16508. Assim, se o endereço é 16514, faz-se

```
POKE 16507, 130
POKE 16508, 64
```

Faz-se a instrução REM suficientemente grande para conter o programa. Agora, pressiona-se a tecla E, e o programa entra numa sub-rotina de leitura de teclado. Entra-se com o programa em hexadecimal, direto, isto é, sem apertar NEW LINE. Quando se pressionar NEW LINE, o programa pára e volta ao BASIC, trazendo no par de registradores BC a soma-sintática. Se, por qualquer razão, se pressionar NEW LINE após ter-se entrado com um número impar de caracteres (como cada byte requer dois caracteres, ao final do programa temos que ter entrado sempre com um número par de caracteres), o programa simplesmente ignorará esse NEW LINE e continuará aguardando entrada de dados.

• INSER

Teclando I, o programa entra na rotina de inserção que necessita de duas informações para rodar: o endereço onde deve começar a inserção e o número de bytes que vão ser inseridos. O endereço deve ser colocado nas posições 16507/16508, na forma já descrita. O número de bytes tem que ser colocado na posição 16417. Isso quer dizer que podemos inserir, de uma vez, no máximo 255 bytes. O programa, antes de receber os dados que serão inseridos, desloca todo o programa

já existente da posição indicada pelo endereço especificado para inserção até o final da instrução REM, de tantas casas quantos são os bytes a serem inseridos. Aqui vale a pena fazer um comentário. Para o programa detectar o final da instrução REM, ele procura um caracter de código 118 (76H), que é o indicativo de fim de instrução, e verifica se o byte seguinte é zero. Isso porque, se o endereço, em BASIC, da instrução seguinte for menor que 256, então o primeiro byte que indica o endereço dessa instrução é zero. Dessa forma, o programa irá detectar como final da linha o primeiro byte 118 (76H), seguido de um byte zero. Portanto, quando se for usar a função inserir, tem-se que ter no programa em BASIC uma instrução, seguindo a REM onde está o programa, cujo número de linha seja inferior a 256. Uma vez feito o deslocamento, o programa entra no modo de entrada de dados, exatamente como já foi descrito.

- **LIST**

Nesse modo, o programa irá listar, em hexadecimal, o número de bytes especificado a partir do endereço dado. Assim, antes de se rodar o programa, tem-se que colocar na posição 16507/16508 o endereço inicial, e, em 16417, o número de bytes.

Feito isso, ao se pressionar a tecla L, o programa apresenta a listagem na tela. A soma sintática é também calculada e pode ser obtida lendo-se o conteúdo do par de registradores BC na volta ao BASIC. Note-se que não há restrição quanto ao endereço, isto é, de 0 a 65535. Assim, podemos listar a ROM, se assim desejarmos.

- **REM**

Nesse modo, o programa MESTRE-2 é copiado da posição em que está (que necessariamente é a que começa no RAMTOP) para a posição que tem início no endereço especificado. Dessa forma, antes de rodar o programa, tem-se que carregar as posições 16507/16508 com o endereço desejado.

- **RAMTOP**

Essa função faz com que o programa MESTRE-2 seja copiado da posição em que se encontra para a posição de memória que se inicia no RAMTOP. Para realizar essa função, é necessário que se tenha o RAMTOP posicionado previamente na posição correta, como, aliás, já foi visto.

- **BASIC**

Essa função permite que se volte ao BASIC sem realizar qualquer outra função. É comum chamarmos o programa e ao ler o cardápio lembrarmo-nos que nos

esquecemos de colocar o endereço ou o número de bytes. Nesse caso, basta pressionar B que voltamos ao BASIC.

USO DO MESTRE-2

Agora que já vimos como gravar o programa MESTRE-2, bem como suas funções e características vejamos como utilizá-lo:

- muda-se o RAMTOP de acordo com os valores dados na tabela;
- lê-se (LOAD) o programa MESTRE-2 da fita;
- transfere-se o programa para depois o RAMTOP e faz-se NEW;
- cria-se uma instrução REM com tantos lugares quantos são os bytes do programa que se vai entrar. Uma boa regra é fazer a instrução REM 10% maior que o tamanho que achamos necessário. Futuramente, se for preciso inserir dados, já teremos lugar;
- se, por qualquer razão, não terminarmos de entrar com o programa, devemos gravá-lo, e quando formos continuar com a entrada do mesmo, devemos adotar o seguinte procedimento:
  - mudar o RAMTOP de acordo com a tabela, fazer o "load" do MESTRE-2, transferi-lo para depois do RAMTOP e fazer um NEW;
  - fazer o "load" do programa que está sendo escrito e daí para frente continuar normalmente com a entrada do programa.

DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Como o programa MESTRE-2 pode ocupar qualquer posição na memória, as instruções de salto têm que ser todas relativas e, ainda mais, não podemos ter sub-rotinas, uma vez que não existe instrução CALL relativa. A figura 8.1 mostra o diagrama de blocos do programa.

As variáveis envolvidas no programa são:

VARIÁVEL	POSIÇÃO DE MEMÓRIA
K = leitura do teclado	16444
I = endereço	16507/16508
N = número de bytes	16417
E = endereço de onde começa o programa MESTRE-2	16445/16446
S = soma sintática	16447/16448
P = indicador de caracter alto ou baixo	16449
L = área de manobra para cálculo do byte	16450

DIAGRAMA DE BLOCOS

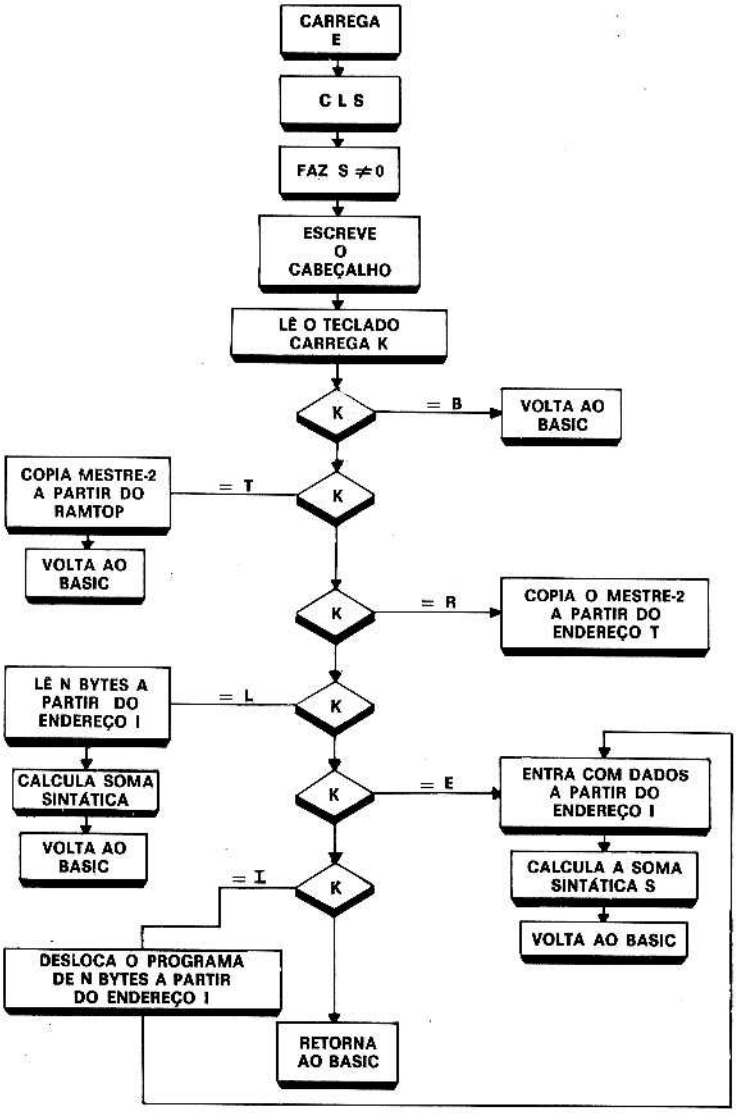


Fig. 8.1

```
LD(16445),BC    ED433D40        Carrega E
CALL CLS        CD2A0A
LD HL,0         210000          Zera S
LD(16447).HL    223F40
JR Ⓐ            1840
                AA333900AE33382A
                3700B12E383900B7
CABEÇALHO       2A3200372632B934
                3500A726382E2800
                2A33292A372A2834
                001D22211C231824
                000000331B273E39
                2A38001D22201D23
Ⓐ LD HL,(16445) 2A3D40          ESCREVE O CABEÇALHO
  LD DE,15      110F00
  ADD HL,DE     19
  LD B,64       0640
Ⓑ LD A,(HL)     7E
  PRTCHR        D7
  INC HL        23
  DJNZ Ⓑ        10F8
Ⓒ CALL KSCAN    CD8B02          LÊ O TECLADO
  INC L         2C
  JRNZ Ⓒ        20FA
Ⓓ CALL KSCAN    CD8B02
  INC L         2C
  JRZ Ⓓ         28FA
  DEC L         2D
  PUSH HL       E5
  POP BC        C1
  CALL ACHR     CD8D07
  LD A,(HL)     7E              CARREGA K
  LD(16444),A   323C40          VOLTA AO BASIC SE
  CP A,39       FE27            FOI TECLADO B
  RET Z         C8
  CP A,57       FE39            SALTA SE K NÃO É T
  JRNZ Ⓔ        200D
  LD DE,(RAMTOP)ED5B0440        COPIA MESTRE-2
  LD HL,(16507) 2A3D40          A PARTIR DO RAMTOP
  LD BC,376     017801
  LDIR          EDB0
  RET           C9
Ⓔ CP A,55       FE37            SALTA SE K NÃO É R
  JRNZ Ⓕ        200D
  LD HL,(RAMTOP)2A0440          COPIA MESTRE-2
  LD DE,(16507) ED5B7B40        A PARTIR DO ENDEREÇO I
  LD BC,376     017801
  LDIR          EDB0
  RET           C9
Ⓕ CP A,49       FE31            SALTA SE K NÃO É L
```

→

```
   JRNZ(G)              203C
   LD A,(16417)         3A2140
   AND A                A7
   JRZ (H)              2801
   DEC A                3D
(H)LD D,0               1600
   LD E,A               5F
   LD HL,(16507)        2A7B40
   PUSH HL              E5
   ADD HL,DE            19
   PUSH HL              E5
   POP DE               D1
   POP HL               E1
(J)LD A,(HL)            7E
   LD B,0               0600
   LD C,A               4F
   PUSH HL              E5
   LD HL,(16447)        2A3F40
   ADD HL,BC            09
   LD(16447),HL         223F40
   POP HL               E1
   AND A,F0             E6F0
   LD B,4               0604
(I)SRL A                CB3F
   DJNZ (I)             10FC
   ADD A,28             C61C
   PRTCHA               D7
   LD A,15              3E0F
   AND A,C              A1
   ADD A,28             C61C
   PRTCHA               D7
   PUSH HL              E5
   SBC HL,DE            ED52
   POP HL               E1
   INC HL               23
   JRNZ(J)              20DB
   LD BC,(16447)        ED4B3F40
   RET                  C9
(G)CP A,42              FE2A
   JRNZ(K)              2061
   LD DE,(16507)        ED5B7B40
(O)PUSH DE              D5
(L)CALL KSCAN           CD6B02
   INC L                2C
   JRNZ(L)              20FA
(M)CALL KSCAN           CD6B02
   INC L                2C
   JRZ (M)              28FA
   DEC L                2D
   PUSH HL              E5
   POP BC               C1
   CALL ACHR            CD8D07
   LD A,(HL)            7E
   POP DE               D1
   CP A,118             FE76
   JRNZ(N)              200C
   LD A,(16449)         3A4140
   CP A,0               FE00
   JRNZ(O)              20E0
   LD BC,(16447)        ED4B3F40
   RET                  C9
```

LÊ OS BYTES A PARTIR DO ENDEREÇO I

CALCULA A SOMA SINTÁTICA

TRANSFORMA O BYTE LIDO EM DOIS CARATERES HEXADECIMAIS E COLOCA NA TELA

SALTA SE K NÃO É E

DETERMINA O ENDEREÇO INICIAL

LÊ O TECLADO

VERIFICA SE FOI TECLADO NEW LINE E PÁRA A ENTRADA SE O NÚMERO DE CARACTERES JÁ ENTRADOS É PAR

CARREGA BC COM A SOMA SINTÁTICA

(N) PRTCHA	D7	ESCREVE NA TELA O CARACTER TECLADO
ADD A,E4	C6E4	VERIFICA SE O CARACTER É O MAIS OU O MENOS SIGNIFICATIVA NO BYTE
LD C,A	4F	
LD A,(16449)	3A4140	
AND A	A7	
JRNZ (P)	2014	SALTA SE FOR O MENOS SIGNIFICATIVO
LD B,4	0604	CALCULA A CONTRIBUIÇÃO DO CARACTER MAIS SIGNIFICATIVO MULTIPLICANDO-O POR 16.
(Q) SLA C	CB21	
DJNZ (Q)	10FC	
LD A,C	79	
LD (16450),A	324240	
LD A,(16449)	3A4140	
ADD A,128	C680	
LD (16449),A	324140	
JR (O)	18BD	SOMA O VALOR DO CARACTER MAIS SIGNIFICATIVO COM MENOS SIGNIFICATIVO.
(P) LD A,(16450)	3A4240	
ADD A,C	81	
LD (DE),A	12	ESCREVE NA MEMÓRIA O BYTE.
LD B,0	0600	ATUALIZA A SOMA SINTÁTICA
LD C,A	4F	
LD HL,(16447)	2A3F40	
ADD HL,BC	09	
LD (16447),HL	223F40	
LD A,(16449)	3A4140	ATUALIZA VARIÁVEL P E VOLTA PARA LER OUTRO CARACTER
ADD A,128	C680	
LD (16449),A	324140	
INC DE	13	
JR (O)	18A3	
(K) CP A,46	FE2E	RETORNA AO BASIC SE O K NÃO É I.
RET NZ	C0	
LD A,118	3E76	BUSCA O PRIMEIRO BYTE 118
LD HL,(16507)	2A7B40	
LD BC,0	010000	
(R) CPIR	EDB1	
LD A,(HL)	7E	VERIFICA SE O PRÓXIMO BYTE É ZERO
CP A,0	FE00	
JRNZ (R)	20F9	
DEC HL	2B	DESLOCA TODOS OS BYTES À DIREITA DO ENDEREÇO I (INCLUSIVE) DE N POSIÇÕES.
DEC HL	2B	
PUSH HL	E5	
INC BC	03	
LD A,(16417)	3A2140	
LD L,A	6F	
LD H,0	2600	
ADD HL,BC	09	
PUSH HL	E5	
POP BC	C1	
LD HL,0	210000	
AND A	A7	
SBC HL,BC	ED42	
PUSH HL	E5	
POP BC	C1	
LD A,(16417)	3A2140	
LD E,A	5F	
LD D,0	1600	
POP HL	E1	
PUSH HL	E5	
AND A	A7	
SBC HL,DE	ED52	
POP DE	D1	
LDDR	EDB8	
LD DE,(16507)	ED5B7B40	
JR (O)	18C3	SALTA PARA A ROTINA DE ENTRADA DE DADOS

A soma sintática deste programa é 35103

JOGO DOS PALITOS 9

A solução aqui apresentada para o jogo dos palitos é um bom exemplo de como se pode conciliar um programa escrito em BASIC e em linguagem de máquina. Na implementação desse programa utilizou-se o BASIC unicamente para fazer a entrada de dados e apresentar os resultados (PRINT), uma vez que essas funções são bem mais fáceis de serem feitas em BASIC. A implementação do algoritmo solução do problema foi toda feita em linguagem de máquina. A comunicação entre as duas linguagens é feita através de PEEKs e POKEs.

Foi mencionado no início do livro, quando se avaliava a conveniência ou não de se usar linguagem de máquina, que certos tipos de problema — que requeiram o uso de álgebra de Boole — podiam ser facilmente resolvidos usando-se linguagem de máquina. No presente caso, é muito interessante a forma como se implementa a solução utilizando-se a instrução "EXCLUSIVE OR".

Vejamos, inicialmente, de que consiste o jogo. Trata-se de um jogo entre duas pessoas (no caso, o computador é uma delas). Inicialmente, o jogador que começa o jogo coloca palitos numa mesa, formando filas, em princípio quantos palitos quiser por fila e quantas filas desejar. Em seguida, o outro jogador retira quantos palitos quiser de uma fila, mas somente de uma fila, e necessariamente um palito, no mínimo. Em seguida, é a vez do outro jogador, que deve retirar palitos e assim por diante. Perde o jogo o jogador que retirar o último palito.

Vamos analisar agora a forma como o computador deve proceder para analisar a sua jogada e daí tirar um algoritmo. Para facilitar a análise, vamos definir algumas variáveis do problema que serão depois utilizadas no programa:

W = número de filas com, no mínimo, um palito

N(j) = número de palitos na fila j

P = número da fila com maior número de palitos (se existirem várias filas nessa condição, pega-se uma qualquer)

S = número da fila com a segunda maior contagem de palitos (aqui também podem existir várias)

Se W = 1 e N (P) > 1, a jogada é simplesmente fazer N(P) = 1 e o jogo está ganho. Obviamente, se recebemos (o computador) W = 1 e N(P) = 1, estamos perdidos.

Se, agora, W > 1 e N(S) = 1, isso quer dizer que temos mais de uma fila com palitos e todas têm 1 palito, exceto uma, a fila P, que pode ter mais que um palito.

Se N(P) = 1 também, então não há nada a pensar, pois só nos resta tirar um palito de uma fila qualquer e, se W for par, vamos ganhar o jogo, se ímpar, perder.

Se N(P) > 1, tiraremos todos os palitos da fila P se W for par, pois aí deixaremos para o adversário um número ímpar de filas com um palito. De outro lado, se N(P) > 1 e W ímpar, deixaremos um palito na fila P e caímos no caso anterior.

Esses casos vistos são fáceis de serem analisados (pelo ser humano) e constituem a parte final do jogo. É interessante ressaltar que, se num determinado momento do jogo um jogador estiver numa posição ganhadora (e veremos adiante como saber isso) e não cometer deslize algum, ele irá ganhar o jogo, isto é, jogando corretamente não se perde uma posição ganhadora. Do outro lado, se se estiver numa posição perdedora e o adversário cometer um único erro, é sempre possível passar-se à posição ganhadora e aí ganhar o jogo.

Bem, quando o número de filas e de palitos aumenta, o poder de análise do homem diminui assustadoramente, ao ponto de, com quatro filas e, no mínimo, três palitos por fila, já fica praticamente impossível ao homem analisar o jogo. Não vamos aqui provar que o algoritmo que segue é a solução do problema, mas vamos tentar induzir o leitor a aceitá-lo.

Fora os casos já analisados, a unidade mínima de configuração dos palitos que o algoritmo resolve é para W = 2, N(P) > 2 e N(S) = 2. Se, diante dessa configuração, deixarmos duas filas com dois palitos cada, teremos o jogo ganho, como o leitor poderá facilmente deduzir.

É fácil ver que, para o caso W = 2, o algoritmo é simplesmente deixar as duas filas com o mesmo número de palitos, fazendo sempre N(P) = N(S), até que N(S) = 0 ou 1, quando caímos nos casos vistos inicialmente e para os quais sabemos como jogar para ganhar.

Ora, se é esse o algoritmo, para W = 2, podemos entender porque, estando-se numa posição ganhadora, não se perde mais essa condição, pois, se deixarmos sempre as duas filas com o mesmo número de palitos, é impossível ao adversário nos deixar duas filas com o mesmo número de palitos. Se tivermos W > 2, a posição ganhadora é mantida deixando-se sempre quantidades pares de mesmo número de palitos nas filas. Isso é feito escrevendo-se o número de palito de cada fila em forma binária, somando-se os "bits" de mesma ordem de todas as filas. Se a nossa jogada permite deixar pares as somas em todas as ordens, estaremos em posição ganhadora. E, ainda, se recebermos uma configuração onde a soma não é par em alguma ou algumas das ordens, é sempre possível deixá-la par. Essa é a forma de sabermos se estamos ou não numa posição ganhadora.

Vejamos um exemplo com pequeno número de palito e somente três filas — mas já razoavelmente complexo para análise (do homem) —. Imaginemos que é a nossa vez de jogar e temos na mesa:

IIII
IIIII
III

A representação binária do número de palitos é:

1 0 0
1 0 1
0 1 1

P I P

A soma das colunas de ordem 0 e 2 (ordem 0 é a do dígito menos significativo do número binário, isto é, o que fica mais à direita) é par e a de ordem 1 é ímpar. Isso quer dizer que estamos numa posição ganhadora e temos que fazer uma jogada que transforme a soma em par na coluna de ordem 1. Para tal, basta mudar o "bit" de ordem 1 da terceira fila (a de baixo), isto é, passá-lo para 0 e ficaremos então com:

IIII
IIIII
I

A forma como se implemente esse algoritmo no programa é criando um "byte" "soma binária", que tem em cada "bit" o resultado da soma de todos os "bits" de mesma ordem, sendo que, se ele é 0, quer dizer que a soma é par; se é 1, trata-se de uma soma ímpar. Para podermos fazer essa soma "bit" a "bit", sem esbarrar com o problema de "carry" de uma ordem para outra, fazemos inicialmente SB (soma binária) = 0. Aí fazemos um OU EXCLUSIVO" com cada "byte" representativo do número de palitos de cada fila. O valor final de SB indica (pelos 1s) em que ordem temos que fazer alteração ou alterações.

No caso do exemplo dado, teríamos:

Fila n.º	Palitos	"Byte"
1	IIII	100
2	IIIII	101
3	III	011

Faz-se, inicialmente, SB = 0 e aí se aplica o "OU EXCLUSIVO", com os três "bytes", como segue:

	Valor inicial	1.º "byte"	2.º "byte"	3.º "byte"
SB	000	000	100	001
"byte"		100	101	011
OU EX		100	001	010

Portanto o valor final de SB = 010.

Em seguida, utiliza-se novamente o "OU EXCLUSIVO" para determinar a fila que terá que ser alterada, pois, fazendo-se o "OU EXCLUSIVO" com o "byte" de uma fila, faz-se mudar no byte" da fila de 0 para 1, ou de 1 para 0 os "bits" das ordens onde a SB for 1. Verifica-se depois se o número resultante deu menor que o anterior ou maior. Se for maior, passa-se para outra fila. Continuando no nosso exemplo, teríamos:

	Inicial	1.° "byte"	2.° "byte"	3.° "byte"
SB	010	010	010	010
"byte"	—	100	101	011
OU EX		110	111	001

Vemos que a solução — nesse caso, única — é tirar um palito da terceira fila.

Se a soma binária na nossa vez de jogar for 0, quer dizer que estamos numa posição perdedora. A melhor jogada nesse caso é tirar um único palito (por exemplo, da fila P, onde sabemos existir mais de um palito, procurando-se esticar ao máximo o jogo, na esperança de que o nosso adversário tenha, assim, mais oportunidades de cometer um erro e nos dar a posição ganhadora para sempre.

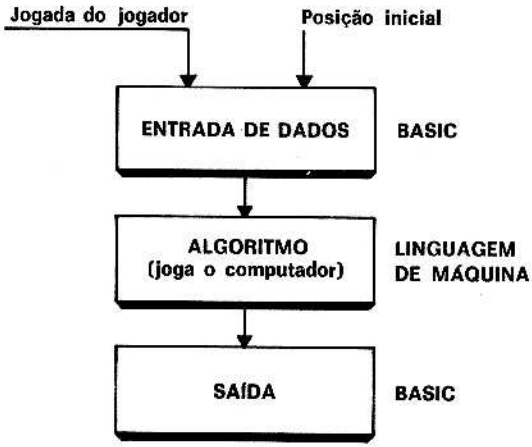
• O programa.

Na Fig. 9.1 temos a representação simbólica do programa, mostrando as partes escritas em BASIC e em linguagem de máquina. A Fig. 9.2 já mostra como o algoritmo foi implementado em linguagem de máquina.

As variáveis utilizadas pelo programa são:

NOME	LOCAL DE ARMAZENAMENTO		DESCRIÇÃO
	Dec	Hexa	
W	16444	403C	Número de filas com no mínimo um palito.
EP	16445	403D	Endereço ("byte" menor) da fila P.
ES	16446	403E	Endereço ("byte" menor) da fila S.
	16449	4041	Número de palitos nas quinze filas possíveis.
	16463	404F	
J	16417	4021	Endereço ("byte" menor) da fila onde foi feita a jogada.

Fig. 9.1



Quanto a essas variáveis, temos o seguinte a comentar:

- por questões de limitação de tela, o programa aceita no máximo quinze filas e vinte e cinco palitos por fila;
- utilizamos para guardar as variáveis a área da RAM reservada ao "buffer" da impressora, que comporta no máximo 32 "bytes". Por essa razão, os três endereços aqui definidos começam sempre com 40XX (em hexa) e, portanto, só precisamos guardar um "byte" por endereço, que é o "byte" menos significativo;
- a variável J contém o "byte" menos significativo do endereço da fila onde o computador faz a jogada. A idéia é a de indicar na tela a linha em que a máquina fez a jogada. Essa variável não foi usada no programa em BASIC por problema de memória na configuração 2K. Se o leitor desejar, poderá melhorar o programa utilizando essa variável.

Na Fig. 9.2 indicamos por (BC) o conteúdo do par de registradores BC. Isso é feito pois o programa em linguagem de máquina é chamado por uma instrução GOTO USR X. Assim, dependendo da jogada, já vamos para o programa em BASIC referente à jogada. Assim, na linha 300 do BASIC, temos a mensagem "PERDEU". Na linha 400, temos a mensagem "GANHEI" e, na linha 1000, altera-se o número de palitos de acordo com a jogada.

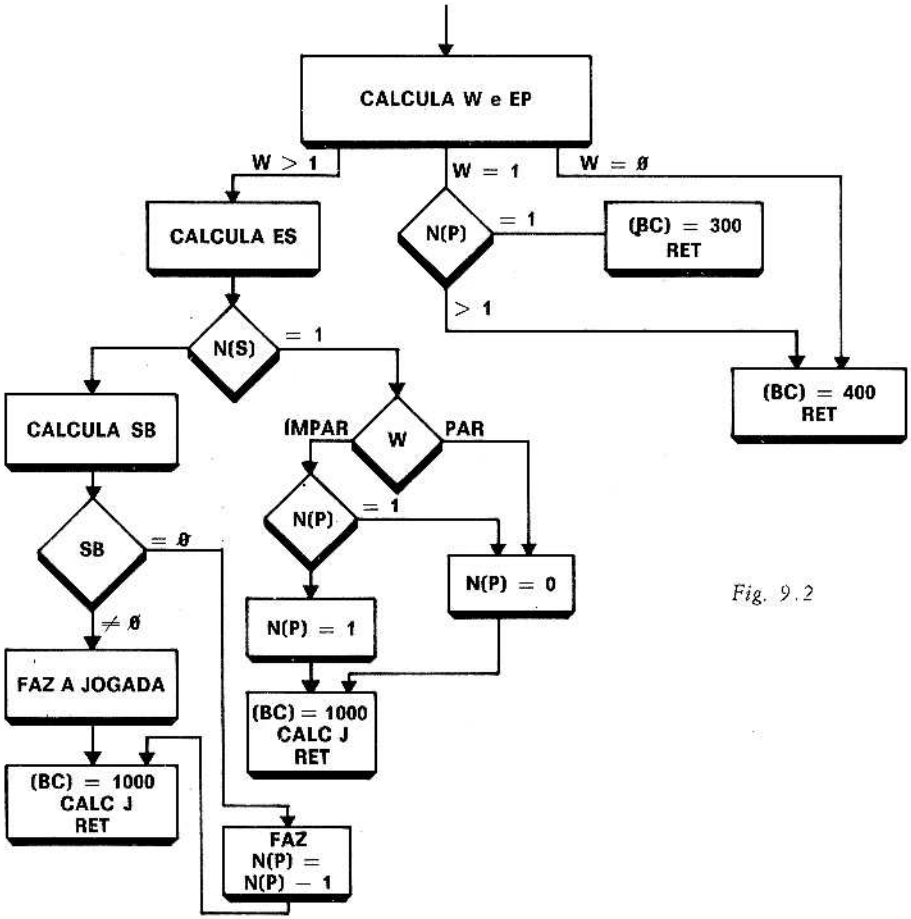


Fig. 9.2

Para jogar, coloca-se o computador no modo SLOW e faz-se RUN. Aparece na tela "LINHAS =", quando, então, devemos entrar com o número de linhas de palitos que queremos jogar. Em seguida, a tela mostra "N.° PALITOS" e, na linha de baixo, o número 1, pedindo para entrarmos com o número de palitos da linha 1. Feito isso, aparece 2, e entramos com o número de palitos da linha 2, e assim até a última linha. A tela então se apaga e mostra a configuração dos palitos. Nesse ponto, a máquina entende que é ela que deve jogar, uma vez que nós escolhemos o número de linhas e de palitos. Para fazer a máquina jogar, pressiona-se "NEW LINE". Após a jogada da máquina, aparece na parte de baixo da tela a mensagem "LINHAS, N.°

PALITOS", quando devemos fazer a nossa jogada, entrando primeiro com o número de linhas e, em seguida, com o número de palitos que devem ficar nessa linha.

O programa em BASIC:

```
  10 LET Z$="
     "
  20 RAND USR 16514
  30 PRINT "LINHAS=";
  40 INPUT L
  50 IF L>15 OR L=0 THEN GOTO 40
  60 PRINT L
  70 PRINT "Nº PALITOS"
  80 FOR J=1 TO L
  90 PRINT J,
 100 INPUT X
 110 IF X>25 THEN GOTO 100
 120 POKE (16448+J),X
 130 PRINT X
 140 NEXT J
 150 CLS
 160 PRINT AT 1,8;"JOGO DOS PALI
TOS"
 170 FOR J=1 TO L
 180 PRINT AT 4+J,1;J;TAB 5;
 190 GOSUB 2000
 200 NEXT J
 210 GOSUB 3000
 220 GOTO USR 16526
 300 PRINT "PERDI"
 310 STOP
 400 PRINT "GANHEI"
 410 STOP
1000 LET J=PEEK 16417-64
1010 PRINT AT 4+J,5;Z$
1020 PRINT AT 4+J,5;
1030 GOSUB 2000
1040 PRINT AT 21,3;"LINHA",,"Nº PA
LITOS"
1050 INPUT J
1060 INPUT X
1070 IF X>=PEEK (16448+J) THEN G
OTO 1060
1080 POKE (16448+J),X
1090 PRINT AT 4+J,5;Z$
1100 PRINT AT 4+J,5;
1110 GOSUB 2000
1120 GOTO 210
2000 IF PEEK (16448+J)=0 THEN GO
TO 2040
2010 FOR I=1 TO PEEK (16448+J)
2020 PRINT "*";
2030 NEXT I
```

→

```
2040 RETURN
2050 IF INKEY$<>"" THEN GOTO 300
0
3010 IF INKEY$="" THEN GOTO 3010
3020 RETURN
8990 STOP
9000 SAVE "PALITO■"
9010 SLOW
9020 RUN
```

A rotina em linguagem de máquina, que segue, ocupa 210 "bytes".

```
16514   LD A,0              3E00
        LD B,15             06FF
        LD HL,16449         214140
    (A) LD(HL),A            77
        INC HL              23
        DJNZ (A)            10FC
        RET                 C9
        LD A,0              3E00
        LD(16444),A         323C40
        LD C,A              4F
        LD HL,16449         214140
        LD B,15             060F
    (C) LD A,(HL)           7E
        AND A               A7
        JRZ (B)             2812
        PUSH AF             F5
        LD A,(16444)        3A3C40
        INC A               3C
        LD(16444),A         323C40
        POP AF              F1
        CP A,C              B9
        JP M (B)            FAAF40
        LD C,A              4F
        LD A,L              7D
        LD(16445),A         323D40
    (B) INC HL              23
        DJNZ (C)            10E7
```

Zera as quinze filas de palitos

W = 0

Conta o número de filas com, no mínimo, um palito, i. é, calcula W e calcula EP

```
   LD A,(16444)     3A3C40
   AND A            A7
   JRNZ (D)         2004
   LD BC,400        019001
   RET              C9
(D)CP A,1           FE01
   JRNZ (E)         2013
   LD H,64          2640
   LD A,(16445)     3A3D40
   LD L,A           6F
   LD A,(HL)        7E
   CP A,1           FE01
   JRNZ (F)         2004
   LD BC,300        012C01
   RET              C9
(F)LD BC,400        019001
   RET              C9
(E)LD H,64          2640
   LD A,(16445)     3A3D40
   LD L,A           6F
   LD E,(HL)        5E
   PUSH HL          E5
   LD A,0           3E00
   LD(HL),A         77
   LD B,15          060F
   LD HL,16449      214140
   LD C,0           0E00
(H)LD A,(HL)        7E
   CP A,C           B9
   JP M (G)         FAEF40
   LD C,A           4F
   LD A,L           7D
   LD(16446),A      323E40
(G)INC HL           23
   DJNZ (H)         10F3
   POP HL           E1
   LD(HL),E         73
```

Lê W

Se W = 0 faz (BC) = 400

Compara W com 1

Se W=1 e P=1, então faz (BC) = 300
Se W=1 e P>1, então faz (BC) = 400

Calcula ES e coloca no registrador C a variável N(P)

→

```
    LD A,C              79
    CP A,1              FE01
    JRNZ (I)            2029
    LD A,(16444)        3A3C40
    BIT 0,A             CB47
    JRZ (J)             2814
    LD A,(16445)        3A3D40
    CP A,1              FE01
    JRZ                 2800
    LD H,64             2640
    LD L,A              6F
    LD(16417),A         322140
    LD A,1              3E01
    LD(HL),A            77
(K) LD BC,10000         01E803
    RET                 C9
(J) LD A,(16445)        3A3D40
    LD(16417),A         322140
    LD L,A              6F
    LD H,64             2640
    LD A,0              3E00
    LD(HL),A            77
    JR (K)              18EE
(I) LD B,15             060F
    LD HL,16449         214140
    LD C,0              0E00
(L) LD A,(HL)           7E
    XOR C               A9
    LD C,A              4F
    INC HL              23
    DJNZ (L)            10FA
    LD A,C              79
    AND A               A7
    JRNZ (M)            200A
```

Verifica se N(S) = 1

Se N(S) = 1, W é ímpar e então
faz N(P) = 1 se N(P)>1
faz N(P) = 0 se N(P) = 1

Calcula SB, i. é, a soma binária

Verifica se SB = 0 ou não

```
        LD A,(16445)    3A3D40
        LD(16417),A     322140
        LD L,A          6F
        DEC(HL)         35
        JR   (N)        1813
      (M)LD L,65        2E41
        LD B,15         060F
      (P)LD A,(HL)      7E
        LD D,A          57
        XOR C           A9
        CP A,D          BA
        JP M (O)        FA4B41
        INC HL          23
        DJNZ (P)        10F6
      (O)LD(HL),A       77
        LD A,L          7D
        LD (16417),A    322140
      (N)LD BC,10000    01E803
16723   RET             C9
```

Se SB = Ø, carrega J e decrementa N(P)

Se SB ≠ Ø, procura a fila a ser alterada e a altera

Carrega J

Faz (BC) = 1000

UM PLOT RÁPIDO 10

I. INTRODUÇÃO

As funções PLOT e UNPLOT são extremamente importantes para a geração de gráficos e em jogos animados, pois não só utilizam o "pixel" — que é o elemento de maior definição gráfica —, como são comandadas pelo par de coordenadas cartesianas X e Y, o que simplifica e facilita sua utilização.

Entretanto a utilização do PLOT/UNPLOT em BASIC é dificultada pela lentidão com que o "pixel" é escrito ou apagado, não permitindo, assim, movimentos rápidos. Isso torna impraticável o uso dessa função quando se trata de jogos ou simulação de movimento em tempo real.

Uma maneira de se resolver essa dificuldade é utilizar a sub-rotina de PLOT/UNPLOT da ROM, que está no endereço 0BB2, chamando-a, evidentemente, por um programa em linguagem de máquina. Infelizmente essa sub-rotina, bem mais rápida que a função em BASIC, é ainda bastante lenta para uma razoável gama de aplicações.

A matéria que segue visa justamente contornar esse inconveniente, apresentando um programa em linguagem de máquina ainda mais rápido do que aquele da sub-rotina do ROM, sendo útil, portanto, para uso em jogos e muitas outras aplicações.

Antes de entrarmos em detalhes sobre sua utilização, mostraremos, através da Fig. 10.1, uma comparação entre os tempos gastos para encher a tela com o "pixel" (isto é, 64 × 44 = 2.816 elementos), utilizando-se o BASIC, a sub-rotina da ROM e o programa ora abordado — chamado PLOT RÁPIDO —, para os casos SLOW e FAST:

	SLOW	FAST
BASIC	238	37
ROM	67	11
PLOT RÁPIDO	3,6	0,6

Fig. 10.1: Tempos em segundos para gerar 2.816 elementos "pixel".

II. USO DO PROGRAMA PLOT RÁPIDO

O programa PLOT RÁPIDO, listado no capítulo ocupa 74 "bytes" e está apresentado como sendo uma sub-rotina, isto é, deve ser chamado através de uma instrução "CALL".

Antes do programa PLOT RÁPIDO, tem-se um pequeno programa, também em forma de sub-rotina, que faz abrir a tela (em 22 linhas). Esse programa é necessário para quem for utilizar o PLOT RÁPIDO em computadores com menos de 3,5K de RAM.

O usuário, então, ao escrever o seu programa, coloca a sub-rotina do PLOT RÁPIDO (ou ambas, se tiver menos de 3,5K de RAM) aonde achar mais apropriado e, ao chamar essa sub-rotina, deve ter o registrador B carregado com a ordenada Y, com valores obrigatoriamente entre 0 e 43; o registrador C, com a abcissa X, com valores entre 0 e 63; e o acumulador A, com a informação se é PLOT ou UNPLOT, com 64 (40H) para o primeiro caso e 0 para o segundo. Muito cuidado deve ser tomado para não se colocar nos registradores B e C coordenadas fora dos limites permitidos (acima indicado), assim como no acumulador só se podem colocar, ao se chamar essa sub-rotina, os valores 0 ou 64.

Não há no programa uma rotina para verificar a validade das coordenadas, ou do valor do acumulador, simplesmente para se reduzir a sub-rotina ao mínimo e, com isso, ganhar velocidade.

É importante notar que essa sub-rotina não altera os registradores (isso pode ser visto facilmente no programa, já que as primeiras instruções são PUSHs e as últimas, POPs), o que é muito bom para o programador. Vale a pena salientar mais uma vez que, para se utilizar essa sub-rotina, é necessário que a memória da TELA esteja expandida, pois a sub-rotina faz o PLOT/UNPLOT através de POKEs nos endereços da tela. Portanto, quando o computador não fizer essa expansão sozinho, tem-se que abrir a tela primeiro. Daí a sub-rotina de 13 "bytes" com endereço inicial em 16514, que o usuário aloca aonde quiser.

Deve-se frisar que esse programa foi desenvolvido exclusivamente para gerar PLOT e UNPLOT. Assim sendo, se efetuarmos um PLOT ou UNPLOT em uma região da tela onde já exista um caracter não consistente com o PLOT, poderá aparecer um caracter estranho. Para se entender a razão disso, é preciso acompanhar a descrição do programa, que vem a seguir.

III. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

A partir do endereço 16514 e ocupando 13 "bytes", tem-se uma pequena sub-rotina para abrir a tela, isto é, alocam-se 704 "bytes" (32 colunas × 22 linhas) da memória na região destinada à função PRINT. Dessa forma, quando se quiser fazer um PRINT, pode-se fugir das rotinas da ROM — que verificam se as coordenadas do PRINT são válidas e se aquela posição específica do PRINT já tem uma

posição da memória RAM reservada para esse fim — e, assim, fazer diretamente um POKE de qualquer caracter, em qualquer posição da tela. Como se sabe, o programa-monitor é responsável pela administração das regiões da memória, deslocando-as, se necessário, à medida que se aumenta ou se diminui um programa em BASIC, ou se criam variáveis, ou se usa mais ou menos PRINT. Ao se alocarem todas as posições da memória correspondentes à tela, os PRINTs e os PLOTs feitos não interferirão mais com o programa-monitor.

Todas essas considerações só se aplicam quando o computador tiver menos que 3,5K de RAM.

A seguir descrevemos como foi feita essa sub-rotina:

	16514	LD A,0	3E00	**Carrega o acumulador com 0, que é espaço para a função PRINT.**
	16516	LD C,4	0F04	**Usa-se o registrador C de contador, pois serão feitos 4 vezes 176 PRINTs para se abrirem os 704 espaços.**
(B)	16518	LD B,176	06B0	**Carrega-se B como contador de "loop" para a função DJNZ.**
(A)	16520	PRINT CHR$	D7	**Usa-se a sub-rotina do ROM de "PRINT CHARACTER".**
	16521	DJNZ	0FD	**Fecha o "loop", voltando para 16520 até que o contador B chegue em zero.**
	16523	DEC C	0D	**Decrementa o contador C**
	16524	JRNZ	20F8	**Volta para 16518 C ≠ 0, ou seja, faz 4 vezes o "loop" de 176 PRINTs.**
	16526	RET	C9	**Volta ao BASIC após 704 PRINTs.**

Analisemos, então, a sub-rotina do PLOT, acompanhando o diagrama de blocos mostrado na Fig. 10.3 e o esquema apresentado na Fig. 10.2.

O programa baseia-se no fato de que o "pixel" nada mais é do que um quadrante de uma posição PRINT. Assim, na Fig. 10.2, se o quadrante 0 for preto e os demais em branco, teremos o caracter de código 1 (veja tabela de caracteres do computador). Se o quadrante que estiver em preto for o 2, teremos, então, o caracter de código 4. Se agora tivermos em preto os quadrantes 1 e 2, teremos o caracter de código. Isso tudo pode parecer confuso, mas realmente não o é, se considerarmos os números dados aos quadrantes na Fig. 10.2 como sendo as posições onde existem "bits" "1" no código do caracter. Assim podemos criar os oito primeiros códigos de caracteres, isto é, os caracteres de código 0 a 7.

0	1
2	3

Fig. 10.2

Os quadrantes do PLOT dentro de uma posição PRINT

Se, no entanto, o quadrante 3 estiver ocupado, a regra muda um pouco, uma vez que o código passa a ter um "bit" "1" na sétima posição do "byte" (128 em decimal) e seus quatro "bits" menos significativos passam a ser o complemento binário do código criado usando-se a regra dos quadrantes. Assim, se o quadrante 3 for preto e os demais brancos, temos um "bit" "1" na posição 7 e, nas posições menos significativas,0111, que é o complemento de 1000. Isso quer dizer que, em decimal, o código seria 128 + 7 = 135. Conhecendo-se, então, a regra de formação dos caracteres, é possível fazer-se um PLOT/UNPLOT numa posição de PRINT (definida por 32 colunas e 22 linhas), lendo-se o caracter que já está naquela posição do PRINT e alterando-o de acordo com o quadrante do PLOT/UNPLOT em questão, a fim de se acrescentar/eliminar o quadrante na figura já existente.

Passemos, então, a um exemplo concreto. Suponhamos que se queira fazer um PLOT nas coordenadas X e Y que, analisadas, mostram tratar-se de se fazer um PRINT na linha L e coluna C, sendo o quadrante o de número 3. Inicialmente, devemos ler o que já existe na posição PRINT (para tal, faz-se um PEEK no endereço da memória referente àquela posição). Suponhamos, ainda, que o PEEK mostra a presença de um caracter de código 5 (isto é, 1 + 4, o que quer dizer que temos em preto as posições 0 e 2, ou seja, a metade esquerda da posição PRINT). Ora, fazer um PLOT no quadrante 3 significa colocar um "1" no "bit" de número 3 (isto é, no quarto, da direita para a esquerda). Dessa forma, o código de novo caracter seria 00001101, mas, como temos um "1" na posição número 3, devemos complementar os quatro "bits" menos significativos e colocar um "1" no "bit" de número 7, o que leva o código anterior para 10000010 = 128 + 2 = 130.

Na Fig. 10.3 temos, na forma de diagrama de blocos, a descrição do programa. Inicialmente, salvam-se os registradores e se determina o quadrante do PLOT/UNPLOT simplesmente verificando o "bit" "0" dos registradores B e C, que guardam as coordenadas X e Y, respectivamente. Aqui foi utilizado um pequeno artifício, que consiste em se carregar inicialmente o acumulador com 87H e, dependendo se o "bit" "0" de B e C é "0" ou "1" (há quatro possibilidades), somam-se valores ao conteúdo de A de tal forma que o valor final do mesmo será o segundo "byte" da instrução que coloca ou retira um "bit" "1" (portanto SET ou RESET) no conteúdo do que já está naquela posição do PRINT. Depois, calcula-se o endereço da posição PRINT referente ao PLOT em questão. Isso é feito através do seguinte procedimento:

$$\text{Coluna} = \text{INT } X/2$$
$$\text{Linha} = 22 - \text{INT } Y/2$$

A função INT (X ou Y)/2 é feita pela instrução SRL. Conhecida a posição do PRINT, lê-se seu conteúdo. Se for maior que 7, quer dizer que se trata de uma posição que tem o quadrante 3 preto, o que requer uma correção, que é feita simplesmente achando-se o complemento de todo o "byte" (instrução CPL,A, no endereço 16581). Agora, faz-se a alteração do código do PRINT colocando-se um 1, ou

colocando-se um 0, na posição referente ao quadrante do PLOT/UNPLOT — o que é feito mediante um outro truque: as instruções de SET um "bit" num registrador têm o valor do segundo "byte" de código igual ao valor da correspondente instrução RESET, somado 64 (isto é, 40 em hexadecimal). Assim, o código de RES 3,A é CB9F, e o código de SET 3,A é CBDF. Ora, como já foi dito, para se fazer um PLOT tem-se que colocar 40H no acumulador. Ao se chamar a sub-rotina, esse valor é justamente somado ao segundo "byte" da instrução, na posição de memória 16582. É bom o leitor verificar cuidadosamente o que acabamos de expor, uma vez que se trata de alterar o código de uma instrução em função dos dados do problema, isto é, o valor do segundo "byte" da instrução em 16582 depende da posição do quadrante em que será feito o PLOT/UNPLOT e, em seguida, é alterado se se tratar de um PLOT. É justamente esse truque que permite que o programa seja tão curto e, portanto, tão rápido.

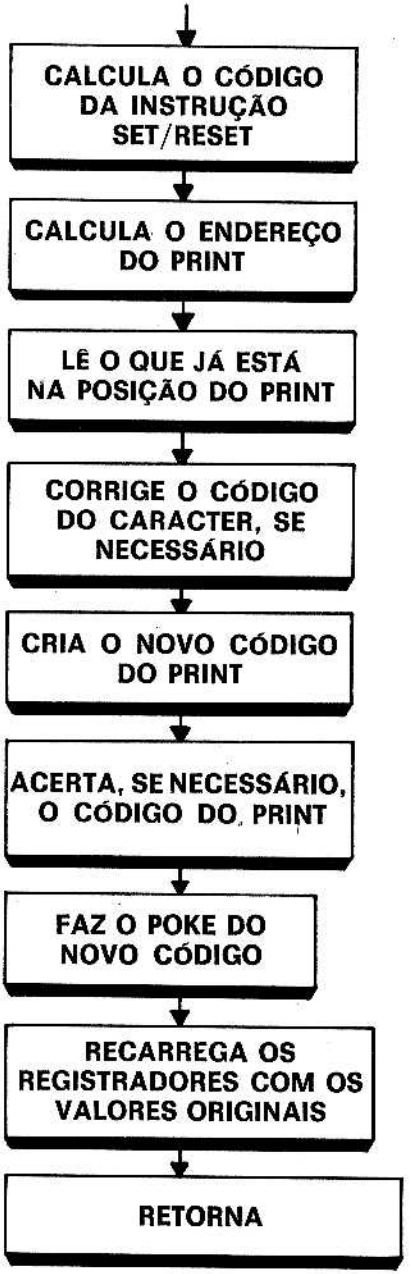
A seguir transcrevemos o programa, indicando a posição de memória, o mnemônico da instrução, o código hexadecimal e algumas explicações. O leitor não terá dificuldades em acompanhar o programa, já que os pontos mais difíceis já foram abordados.

16527	PUSH BC	C5	**Salva os registradores.**
16528	PUSH HL	E5	
16529	PUSH DE	D5	
16530	PUSH AF	F5	
16531	LD A,135	3E87	**Determina o quadrante do PLOT dentro do PRINT.**
16533	BIT 0,B	CB40	
16535	JR NZ	2002	
16537	ADD A,16	C610	
16539	BIT 0,C	CB41	
16541	JR Z	2802	
16543	ADD A,8	C608	
16545	LD D,A	57	**Calcula o código da instrução SET/RESET.**
16546	POP AF	F1	
16547	PUSH AF	F5	
16548	ADD A,D	82	
16549	LD(16583),A	32C740	
16552	SRL B	CB38	**Calcula o endereço do PRINT.**
16554	SRL C	CB39	
16556	LD HL,(16396)	2A0C40	
16559	INC HL	23	
16560	LD D,0	1600	
16562	LD E,C	59	
16563	ADD HL,DE	19	
16564	LD A,21	3E15	
16566	SUB A,B	90	
16567	LD B,A	47	
16568	JR Z	2806	
16570	LD DE,33	112100	
16573	ADD HL,DE	19	
16574	DJNZ	10FD	

→

16576	LD A,(HL)	7E	Lê o que já está na posição de PRINT.
16577	CP A,8	FE08	Corrige o código do caracter, se necessário
16579	JR C	3801	
16581	CP L,A	2F	
16582	SET/RES X,A	CB00	Cria o novo código do PRINT.
16584	BIT 3,A	CB5F	Acerta, se necessário, o código do PRINT.
16586	JR Z	2805	
16588	CP L,A	2F	
16589	AND A,130	E6BF	
16591	JR	18C2	
16593	AND A,15	E60F	
16595	LD(HL),A	77	Faz o POKE do novo código.
16596	POP AF	F1	Recarrega os registradores com os valores originais.
16597	POP DE	D1	
16598	POP HL	E1	
16599	POP BC	C1	
16600	RET	C9	Retorna.

Fig. 10.3


CALCULA O CÓDIGO DA INSTRUÇÃO SET/RESET
CALCULA O ENDEREÇO DO PRINT
LÊ O QUE JÁ ESTÁ NA POSIÇÃO DO PRINT
CORRIGE O CÓDIGO DO CARACTER, SE NECESSÁRIO
CRIA O NOVO CÓDIGO DO PRINT
ACERTA, SE NECESSÁRIO, O CÓDIGO DO PRINT
FAZ O POKE DO NOVO CÓDIGO
RECARREGA OS REGISTRADORES COM OS VALORES ORIGINAIS
RETORNA

CALEIDOSCÓPIO 11

Este programa gera na tela figuras de um bonito efeito visual, que imitam razoavelmente um caleidoscópio. O programa consiste de uma pequena parte escrita em BASIC e de quatro sub-rotinas escritas em linguagem de máquina.

Em linhas gerais, é a seguinte a estrutura do programa: é reservado na memória um espaço de 176 "bytes", isto é, da posição 16640 até a posição 16815, onde são colocados, de forma aleatória, os valores 0 ou 128, que correspondem aos caracteres espaço e seu inverso. O preenchimento dessa região da memória é feito em BASIC. Em seguida, e a partir desses 176 "bytes", é criada a figura na tela com dupla simetria, ou seja, com relação a um eixo horizontal passando no meio da tela e com relação a um eixo vertical passando pelo meio da tela. A tela tem 704 elementos arrumados em 32 colunas e 22 linhas. Dessa forma, os 176 "bytes" anteriormente descritos vão representar os elementos do primeiro quadrante da figura a ser gerada, como mostra a Fig. 11.1.

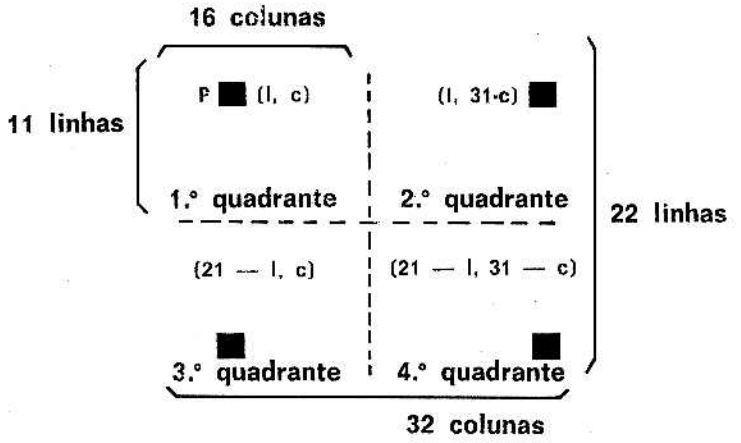


Fig. 11.1

Assim, o elemento genérico P, do primeiro quadrante, cujas coordenadas são (l, c), onde "l" corresponde à linha e "c" à coluna, é gerado inicialmente na área da memória de 176 "bytes" de onde é lido e colocado na região da RAM correspondente à tela, ocupando a posição (l, c). O elemento simétrico a P com relação ao eixo vertical é obtido alterando-se a coordenada c para 31 — c. De outro lado, o elemento simétrico a P com relação ao eixo horizontal é obtido mudando-se a linha de l para 21 — l. Finalmente, o elemento do quarto quadrante tem coordenada (21 — l, 31 — c) e pode ser obtido a partir de qualquer um dos elementos já gerados no 2.° ou 3.° quadrantes. Dessa forma, o programa lê um por um os elementos da memória (de 176 "bytes"), faz corresponder ao elemento um par de coordenadas (l, c) e gera na tela os quatro elementos simétricos como mostra a Fig. 11.1.

Ao final dessa sub-rotina, o programa volta ao BASIC, aguardando a entrada de uma "STRING". Assim, se pressionarmos "NEW LINE", o programa prossegue e entra em outra sub-rotina, que apaga a tela. O leitor poderá estar pensando porque uma sub-rotina para apagar a tela e não, simplesmente, um comando CLS. Acontece que, se o computador tiver menos do que 3,5K de memória, o comando CLS irá apagar a região da RAM correspondente à tela e deixar somente o código 76H. Por isso usamos uma sub-rotina que deixa o espaço na RAM correspondente à tela com o valor 0 (ou seja, espaço) em todas as 704 posições.

Uma vez apagada a tela, o programa volta para outra sub-rotina, cuja função é mexer nos 176 elementos da memória e, em seguida, voltar novamente para a sub-rotina que gera a figura na tela.

Como tudo isso se processa muito rapidamente, tem-se a impressão de que os elementos, sempre respeitando as duas simetrias, estão se mexendo como em um caleidoscópio. Se, em vez de pressionar "NEW LINE", como foi anteriormente assumido, o usuário pressionar N (de novo), o programa irá para a última sub-rotina, que apaga a região de 176 "bytes" e, a partir da, tudo recomeça.

Na Fig. 11.2 temos, em blocos, a descrição do programa.

Antes de mostrarmos o programa, devemos comentar três pontos ainda. Primeiramente, para aqueles que têm uma RAM com menos que 3,5K, é necessário abrir-se espaço na RAM para a região da tela. Isso pode ser feito de diversas maneiras, algumas já vistas no livro, mas, nesse caso, usamos uma diferente, que consiste em "enganar" o computador alterando a RAMTOP (linha 10 do programa), de tal forma que quando o programa interpretador for verificar o tamanho da memória ele vai pensar que existe mais que 3,5K e reservará automaticamente espaço para a tela. O segundo comentário é quanto ao que chamamos de "mexer" com os 176 elementos da memória. Na verdade, o que fazemos é deslocá-los para cima em uma casa, sendo que o mais alto, isto é, na posição 16815, é colocado na primeira posição, ou seja, 16640. Finalmente, a região da memória de 176 "bytes" não foi colocada por acaso a partir do endereço 16640, que é em hexadecimal 4100, mas, sim, porque temos que associar a cada "byte" dessa região uma posição

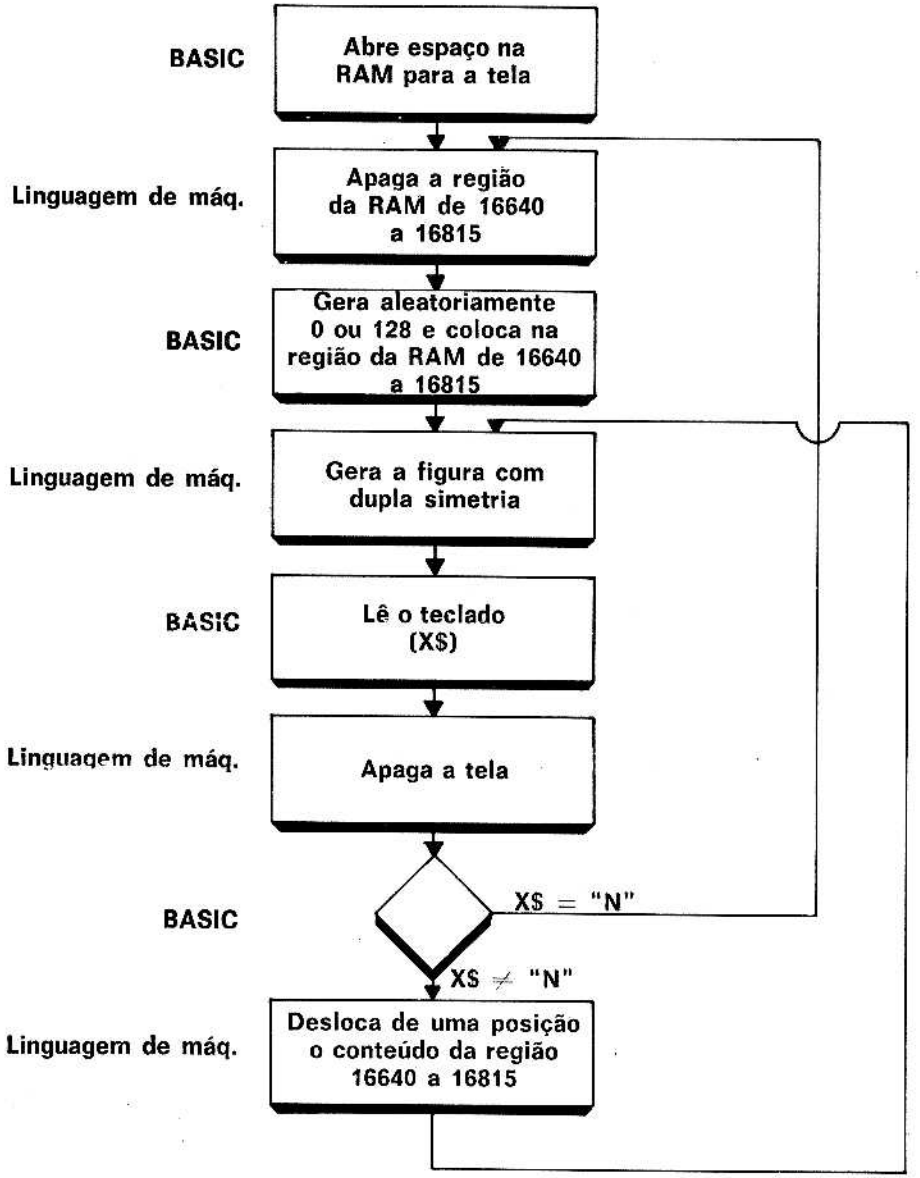

BASIC
Abre espaço na RAM para a tela
Linguagem de máq.
Apaga a região da RAM de 16640 a 16815
BASIC
Gera aleatoriamente 0 ou 128 e coloca na região da RAM de 16640 a 16815
Linguagem de máq.
Gera a figura com dupla simetria
BASIC
Lê o teclado (X$)
Linguagem de máq.
Apaga a tela
BASIC
X$ = "N"
X$ ≠ "N"
Linguagem de máq.
Desloca de uma posição o conteúdo da região 16640 a 16815

Fig. 11.2

na tela no primeiro quadrante. Ora, como temos dezesseis colunas num quadrante, então o "byte" menos significativo do endereço pode indicar a linha e coluna automaticamente.

Vejamos como.

O "byte" mais significativo será sempre 41. O menos significativo começa em 00 e termina em AF, isto é, podemos associar o "nibble" (meio "byte") menos significativo à coluna e o mais significativo à linha, que variam, respectivamente, de 0 a 15 e de 0 a 10, isto é, de 0 a F e de 0 a A. Assim, à posição de memória 413C corresponde a posição na tela: coluna 12 (vem do C)
linha 3 (vem do 3)

O programa em BASIC:

```
 10 POKE 16389,85
 20 RAND USR 16604
 30 FOR J=16640 TO 16815
 40 IF RND>.8 THEN POKE J,128
 50 NEXT J
 60 RAND USR 16514
 70 INPUT X$
 80 RAND USR 16816
 90 IF X$="N" THEN GOTO 20
100 RAND USR 16616
110 GOTO 60
8990 STOP
9000 SAVE "CALEIDOSCOPIO"
9010 RUN
```

As sub-rotinas em linguagem de máquina terão os seguintes endereços:

16514 a 16603: gera a figura com dupla simetria
16604 a 16615: zera os 176 "bytes"
16616 a 16633: desloca os 176 "bytes" uma casa para cima
16634 a 16639: não ocupado
16640 a 16815: região dos 176 "bytes"
16816 a 16834: limpa a tela

O programa todo ocupa 321 "bytes" em linguagem de máquina.

```
16514    LD HL,16640      210041
INICIO   LD A,(HL)        7E          Lê a região de 176 "bytes"
         AND A            A7
         JR Z,A           284C        Salta se o "byte" for 0
```

```
PUSH HL          E5
LD A,15          3E0F
AND A,L          A5
LD E,A           5F
LD B,4           0604
(B)SRL L         CB3D
DJNZ (B)         10FC
LD D,L           55
LD HL,(16396)    2A0C40
INC HL           23
LD B,0           0600
LD C,E           4B
ADD HL,BC        09
LD A,D           7A
PUSH DE          D5
LD DE,33         112100
AND A            A7
JR Z,(C)         2804
LD B,A           47
(D)ADD HL,DE     19
DJNZ (D)         10FD
(C)POP DE        D1
LD A,128         3E80
LD (HL),A        77
SLA E            CB23
LD A,31          3E1F
SUB A,E          93
LD (16417),A     322140
LD B,0           0600
LD C,A           4F
ADD HL,BC        09
LD A,128         3E80
```

Faz: (E) = coluna
(D) = Linha

Faz (HL) = (HL) + (E)

(HL) =(HL) + (E) + 33 × (D)

Coloca o caracter no 1.° quadrante

Faz (E) = 2(E)

Faz (A) = 31 − 2(E) e guarda em 16417

Coloca caracter no 2.° quadrante

```
        LD(HL),A        77
        LD A,21         3E15
        SLA D           CB22
        SUB A,D         92
        LD B,A          47
        LD DE,33        112100
    (E)ADD HL,DE        19
        DJNZ(E)         10FD
        LD A,128        3E80
        LD(HL),A        77
        LD A,(16417)    3A2140
        LD C,A          4F
        SBC HL,BC       ED42
        LD A,128        3E80
        LD(HL),A        77
        POP HL          E1
    (A)INC HL           23
        LD A,L          7D
        CP A,176        FE80
        JR NZ INICIO    20AA
        RET             C9
*16604  LD A,0          3E00
        LD B,176        0680
        LD HL,16640     210041
    (F)LD(HL),A         77
        INC HL          23
        DJNZ(F)         10FC
        RET             C9
X16616  LD A,(16815)    3AAF41
        LD BC,175       01AF00
        LD HL,16814     21AE41
        LD DE,16815     11AF41
        LDDR            EDB8
        LD(16640),A     320041
        RET             C9
```

Coloca caracter no 4.° quadrante

Coloca caracter no 3.° quadrante

Zera os 176 "bytes"

Desloca os 176 "bytes" uma posição para cima

```
        RET              C9
16816   LD HL,(16396)    2A0C40
        INC HL           23
        LD C,32          0E16
        LD A,0           3E00
      H LD B,32          0620
      G LD (HL),A        77          Apaga a tela
        INC HL           23
        DJNZ G           10FC
        INC HL           23
        DEC C            0D
        JRNZ H           20F6
16834   RET              C9
```

UM JOGO AUTO PROGRAMÁVEL 12

O programa que veremos agora é baseado num brinquedo chamado "GABRIELA", produzido pela FUNBEC — Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino e da Ciência, e criado por Isaac Epstein.

Trata-se de um jogo para duas pessoas ou, nesta versão, para um jogador e o computador, e consiste de um tabuleiro com 21 quadrados, numerados de 1 a 21, onde cada jogador, partindo da posição 1 e jogando alternadamente com o adversário, avança de uma a três casas à frente da posição ocupada pelo adversário. Ganha aquele que chegar primeiro ao quadrado 21. Trata-se de um jogo simples, que poderia, inclusive, ter sido implementado inteiramente em BASIC.

O que caracteriza e justifica a apresentação deste jogo é que o programa é feito de tal forma que o computador vai "aprendendo" a jogar à medida que joga e perde. Em outras palavras, o programa faz com que o computador jogue de acordo com as regras e faça movimentos aleatoriamente. À medida que vamos jogando com o computador, ele registra numa região da memória as jogadas catastróficas, ou seja, aquelas que conduziram a máquina à derrota. De outro lado, as jogadas do computador que o conduzirem à vitória são sabiamente desprezadas, uma vez que ele não conhece a qualidade de seu adversário e, muito menos, as suas legítimas intenções.

E, dessa forma, por processo de erro e acerto, a máquina vai jogando aleatoriamente sem incorrer em erros já cometidos. Se continuarmos jogando contra o computador, chegará o momento em que ele vencerá sempre.

Aconselhamos ao leitor interessado em se aprofundar no assunto a consultar o jogo "GABRIELA", onde é apresentado um outro jogo, no mesmo estilo, chamado "mini-damas".

O programa para o jogo "21" foi escrito em BASIC para a parte de entrada de dados (movimentos do jogador) e impressão na tela, enquanto que a parte lógica do jogo foi feita em linguagem de máquina, por ser mais fácil e rápida na execução.

A mencionada memória onde o computador registra suas más jogadas ocupa a posição que vai de 16514 a 16533, isto é, vinte "bytes". Cada um desses "bytes" guarda os possíveis movimentos que o computador pode fazer se o jogador colocar sua peça naquela posição. No início do jogo, tanto o jogador quanto o computador

ocupam a casa número 1. O jogador faz o primeiro movimento indo para a casa 2, 3 ou 4. Se ele for, por exemplo, para a casa 3, o computador pode fazer seu lance indo para a casa 4, 5 ou 6. Em princípio, a máquina escolhe aleatoriamente uma dessas três possibilidades (para tal, ela lê o "byte" menos significativo da variável FRAMES); em seguida, ele lê o conteúdo do "byte" 16516 (o "byte" 16514 corresponde à casa 1, o "byte" 16515 corresponde à casa 2, e assim por diante, até o "byte" 16533, que corresponde à casa 20) e verifica se a jogada que escolheu está condenada ou não. Se não estiver, será esse o lance do computador; se estiver condenada, o computador volta a escolher outra jogada, até que ache uma possível.

As informações armazenadas no "byte" em questão indicam se o computador pode, a partir daquela casa (que é a posição ocupada pelo jogador) avançar uma, duas ou três posições. Para tal, adotou-se a seguinte convenção:

- um 1 no "bit" de ordem zero indica que avançar uma casa é possível;
- um 1 no "bit" de ordem um indica que o computador pode avançar duas casas;
- um 1 no "bit" de ordem dois indica que o computador pode avançar três casas.

Assim, se o conteúdo de um desses "bytes" for 00000101 quer dizer que, estando o adversário na casa correspondente àquele "byte", o computador pode avançar uma ou três casas e a escolha entre essas duas opções será feita aleatoriamente.

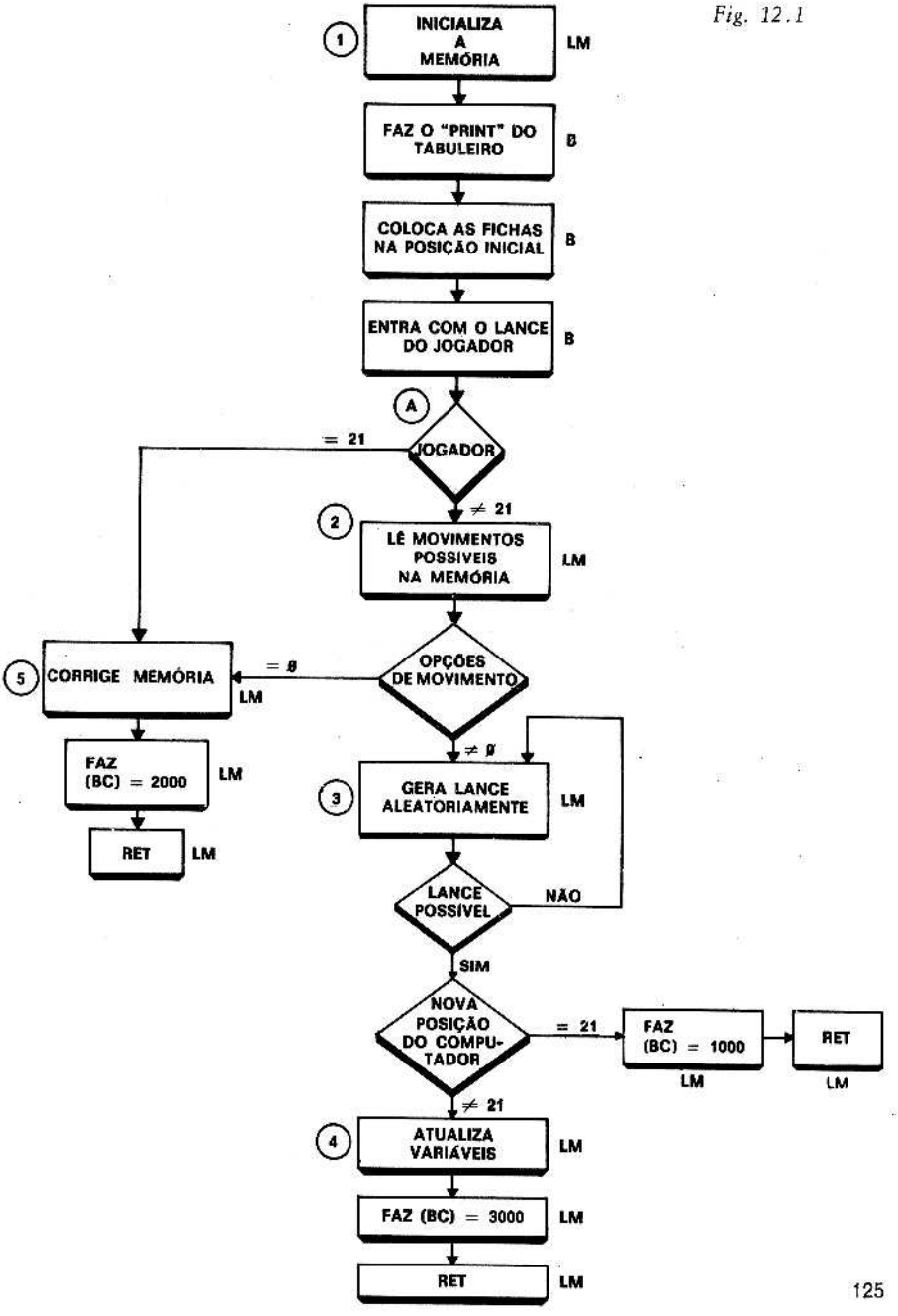
As variáveis utilizadas no programa são:

POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	CONTEÚDO
16507	Última posição ocupada pelo computador	130 a 150 (decimal)*
16508	Última jogada do computador.	00000001 ou 00000010 ou 00000100
16444	Última posição do jogador.	1 a 20 (decimal)
16445	Posição do último movimento do computador.	130 a 150 (decimal)

* Note-se que somente o "byte" menos significativo do endereço é que é armazenado, uma vez que o "byte" mais significativo é sempre 64.

Na Fig. 12.1 temos o diagrama de blocos do programa. O bloco 1 carrega as vinte posições da memória que armazenam as jogadas possíveis. Da posição 1

Fig. 12.1


1
INICIALIZA A MEMÓRIA
LM
FAZ O "PRINT" DO TABULEIRO
B
COLOCA AS FICHAS NA POSIÇÃO INICIAL
B
ENTRA COM O LANCE DO JOGADOR
B
A
JOGADOR
= 21
≠ 21
2
LÊ MOVIMENTOS POSSÍVEIS NA MEMÓRIA
LM
OPÇÕES DE MOVIMENTO
= ∅
≠ ∅
5
CORRIGE MEMÓRIA
LM
FAZ (BC) = 2000
LM
RET
LM
3
GERA LANCE ALEATORIAMENTE
LM
LANCE POSSÍVEL
NÃO
SIM
NOVA POSIÇÃO DO COMPUTADOR
= 21
FAZ (BC) = 1000
LM
RET
LM
≠ 21
4
ATUALIZA VARIÁVEIS
LM
FAZ (BC) = 3000
LM
RET
LM

até a posição 18 é colocado o valor 7, ou seja, 00000111, pois inicialmente temos para todas essas posições as três opções possíveis, que são: anda uma, duas ou três casas. Na posição 19 é colocado o valor 3 e, na posição 20, o valor 1.

O ponto A representa o início do programa propriamente dito e é para onde retorna o "loop" sempre que for a vez do jogador jogar.

O bloco 2 lê o conteúdo da memória correspondente à posição onde ficou o jogador após o seu lance. Se o conteúdo dessa posição de memória for zero, quer dizer que não existe lance possível a ser feito ou, em outras palavras, o computador já perdeu. Se o conteúdo dessa posição for diferente de zero, então o computador escolhe aleatoriamente — bloco 3 — uma das posições possíveis.

Em seguida, o computador verifica se com a sua última jogada ele ganhou ou não o jogo. Se ganhou, carrega-se o par de registradores BC com 1000 e volta-se para o BASIC. O leitor vai ver no programa em BASIC que a chamada do programa em linguagem de máquina (a partir do bloco 2) é feita com a instrução GOTO USR X. Assim, dependendo da jogada, volta-se para a linha do programa 1000, 2000 ou 3000.

O bloco 4 atualiza as variáveis do jogo em função da última jogada do computador, carrega BC com 3000 e retorna para o BASIC.

No bloco 5 é feita a correção na memória, isto é, a opção de jogada utilizada pela máquina ao fazer seu último movimento é eliminada. Vejamos um exemplo, como indicado em seguida:

jogador	16	21
computador	19	

Nessa seqüência de movimentos, o computador optou por andar três casas (da casa 16 à casa 19) em seu último movimento, o que propiciou ao jogador ganhar a partida. Num caso como esse, o programa referente ao bloco 5 eliminaria da posição de memória referente à posição 16 o lance de três casas.

Após a correção da memória, o par de registradores BC é carregado em 2000 e é feito o retorno ao BASIC.

Ao lado de cada bloco está indicado se o mesmo foi escrito em BASIC (B) ou em linguagem de máquina (LM).

O programa em BASIC é o seguinte:

```
 10 LET Z$="          "
 20 RAND USR 16534
 30 CLS
 40 FAST
 50 PRINT TAB 10;"JOGO DO 21"
 60 FOR J=1 TO 21
 70 PRINT AT J,1;J
 80 NEXT J
 90 PRINT AT 1,5;"O";TAB 8;"*"
100 PRINT AT 7,20;"O = JOGADOR"
110 PRINT AT 10,20;"*=COMPUTADO
R"
```

```
 120 SLOW
 130 LET A=1
 140 LET B=1
 150 PRINT AT 17,20;"JOGUE"
 160 INPUT X
 170 IF X>21 OR X-B>3 OR X<=B TH
EN GOTO 160
 180 PRINT AT A,5;"  "
 190 PRINT AT X,5;"O"
 200 PRINT AT 17,20;Z$
 210 POKE 16444,X
 220 LET A=X
 230 IF X=21 THEN GOTO USR 16619
 240 GOTO USR 16553
1000 PRINT AT 17,20;"GANHEI";TAB
 20;"OUTRA (S/N)"
1010 INPUT X$
1020 IF X$="N" THEN STOP
1030 GOTO 30
2000 PRINT AT 17,20;"PERDI";TAB
20;"OUTRA (S/N)"
2010 GOTO 1010
3000 PRINT AT B,8;"*"
3010 LET B=PEEK 16507-129
3020 PRINT AT B,8;"*"
3030 GOTO 150
9900 SAVE "21"
```

E, em linguagem de máquina, temos o seguinte programa:

16514 a 16533 20 posições de memória

16534	LD HL,16514	218240	**Inicializa a memória**
	LD A,7	3E07	
	LD B,18	0612	
Ⓐ	LD (HL),A	77	
	INC HL	23	
	DJNZ Ⓐ	10FC	
	LD A,3	3E03	
	LD (HL),A	77	
	INC HL	23	
	LD A,1	3E01	
	LD (HL),A	77	
	RET	C9	

→

```
16553   LD A,(16444)    3A3C40   Lê posição do jogador
        LD HL,16513     218140
        ADD A,L         85       Lê movimentos possíveis
        LD L,A          6F       na memória
        LD A,(HL)       7E
        AND A           A7
        JP Z (B)        CAEB40
        LD D,A          57
      (C) LD A,(FRAMES) 3A3440
        AND A,3         E603
        JR Z (C)        28F9
        LD B,A          47
        LD A,128        3E80     Gera lance aleatório
      (D) RLC A         CB07     e verifica se é uma
        DJNZ (D)        10FC     opção possível
        LD E,A          5F
        LD A,D          7A
        AND E           A3
        JR Z (C)        28ED
        LD A,L          7D
        LD(16445),A     323D40
        LD A,E          7B
        LD C,E          4B
        CP A,4          FE04     Calcula nova posição
        JR NZ(E)        2002     do computador
        LD C,3          0E03
      (E) LD A,L        7D
        ADD A,C         81
        CP A,150        FE96
```

```
          JR NZ (F)          2004
          LD BC,1000         01E803
          RET                C9
16508 (F) LD(16507),A        327B40
          LD A,E             7B
          LD(16508),A        327C40
          LD BC,3000         01B80B
          RET                C9
16519(40EB)(B) LD A,(16508)  3A7C40
          CP L               2F
          LD B,A             47
          LD A,(16445)       3A3D40
          LD H,64            2640
          LD L,A             6F
          LD A,(HL)          7E
          AND B              A0
          LD(HL),A           77
          LD BC,2000         01D007
          RET                C9
```

Atualiza variáveis

Corrige memória

Esse programa em linguagem de máquina ocupa 123 "bytes".

BIBLIOGRAFIA

Como foi dito inicialmente, este livro foi escrito visando preencher uma lacuna, existente segundo o autor, entre o material literário sobre linguagem de máquina em si e aplicações mais sofisticadas da mesma nos microcomputadores compatíveis com o ZX-81.

Pretende, assim, o autor dar alguma contribuição ao material bibliográfico existente e convida os leitores a que tomem igualmente conhecimento destes livros que certamente ajudarão a dar uma visão mais ampla e mais perfeita do assunto.

LORD, Mike. THE EXPLORERS GUIDE TO THE ZX81. Essex/UK, Timedata Ltd, 1982.

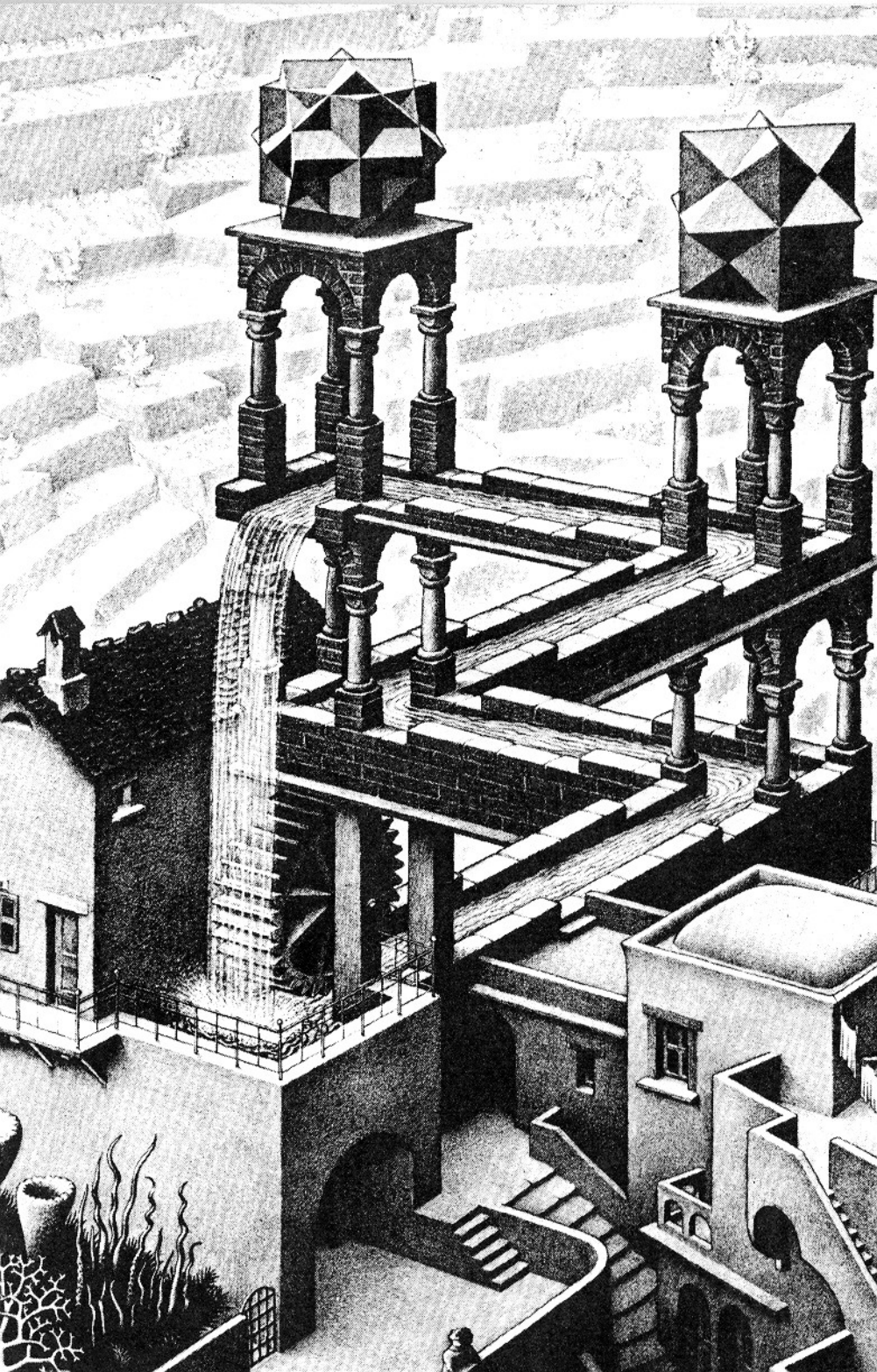
LOGAN, Ian (Dr.). UNDERSTANDING YOUR ZX-81 ROM. Australia, Melbourne House Ltd., 1981.

BAKER, Tony. MASTERING MACHINE CODE ON YOUR ZX-81. 2nd. edition, London, Interface, 1981.

LOGAN, Ian (Dr.). SINCLAIR ZX-81 ROM DISSASSEMBLY. Australia, Melbourne House Ltda., 1981.

ROSSINI, Flavio. LINGUAGEM DE MÁQUINA PARA O TK. São Paulo, Editora Moderna Ltda., 1983.

PROGRAMMING Z80 CPU. 2nd. edition, Zilog Inc. SGS-ATES COMPONENTI ELECTRONIC SpA.



APÊNDICE A

CRIANDO UMA LINHA REM

Muitos programas em linguagem de máquina exigem uma linha REM muito longa para introduzir os códigos do programa, o que torna muitas vezes o trabalho cansativo.

O programa a seguir cria uma linha REM com o número de zeros necessários para se introduzir o código de máquina.

Utilize o programa mestre apresentado no capítulo 2 para introduzir os códigos hexadecimais do programa apresentado a seguir. Ajuste a linha 1 para 96 zeros.

```
16514                          00
16515                          00
16516    CALL FAST             CD230F
         LD BC,6               010600
         LD HL,(16514)         2A8240
         PUSH HL               E5
         ADD HL,BC             09
         LD B,H                44
         LD C,L                4D
         LD HL,(16425)         2A2940
         ADD HL,BC             09
         LD (16425),HL         222940
         LD HL,16396           210C40
         LD A,9                3E09
(B)      LD E,(HL)             5E
         INC HL                23
         LD D,(HL)             56
         PUSH DE               D5
         EX DE,HL              EB
         ADD HL,BC             09
         EX DE,HL              EB
         LD (HL),D             72
         DEC HL                2B
         LD (HL),E             73
         INC HL                23
         INC HL                23
         DEC A                 3D
         JR Z                  2803
         POP DE                D1
         JR                    18EE
         POP HL                E1
         PUSH HL               E5
         LD BC,16611           01E240
         AND A                 A7
         SBC HL,BC             ED42
```

```
                LD B,H          44
                LD C,L          4D
                POP HL          E1
                LDDR            EDB8
                LD HL,16612     21E340
16575           LD (HL),00      3600
                INC HL          23
16578           LD (HL),00      3600
                INC HL          23
                POP BC          C1
                INC BC          03
                INC BC          03
                LD (HL),C       71
                INC HL          23
                LD (HL),B       70
                INC HL          23
                LD (HL),234     36EA
                DEC BC          0B
                DEC BC          0B
                INC HL          23
                LD DE,1         110100
                EX DE,HL        EB
                ADD HL,DE       19
                EX DE,HL        EB
                LD (HL),28      361C
                LDIR            EDB0
                LD(HL),117      3675
                INC (HL)        34
                CALL SLOW       CD2B0F
                RET             C9
```

Para rodar o programa digite as linhas em BASIC a seguir.

```
7990 STOP
8000 PRINT "Nº LINHA=";
8010 INPUT X
8020 PRINT X
8030 POKE 16576,INT (X/256)
8040 POKE 16579,X-256*INT (X/256
)
8050 PRINT "Nº ZEROS=";
8060 INPUT N
8070 PRINT N
8080 POKE 16514,N-256*INT (N/256
)
8090 POKE 16515,INT (N/256)
8100 RAND USR 16516
8110 LIST X
```

É aconselhável que este programa mestre, com o criador de linha REM, seja gravado numa fita cassete, para que ele possa ser usado todas as vezes que você for digitar um programa em linguagemde máquina.

Rode o programa digitando RUN 8000. O primeiro valor a ser digitado é o número que deve ter a linha REM a ser criada. Este número deverá ser maior do que 1 e menor do que 7990. O segundo valor a ser digitado corresponde ao número de zeros que a nova linha REM deve ter.

Retire a linha 1 REM e sua nova linha REM estará no início da região reservada ao BASIC, ou seja, o primeiro zero se encontra no endereço 16514.

Se você achar melhor modificar o número da nova linha REM digite:

POKE 16510, número da linha

Agora para você introduzir os códigos do seu programa em linguagem de máquina digite:

RUN 9000.

Caso você deseje fazer algumas modificações no programa criador de linha REM, veja os endereços com os pontos fundamentais do programa:

POKE 16510, número da linha

Agora para você introduzir os códigos do seu programa em linguagem de máquina digite:

RUN 9000

Caso você deseje fazer algumas modificações no programa criador de linha REM, veja os endereços com os pontos fundamentais do programa:

16514 — byte menos significativo do número de zeros da linha

16576 — byte mais significativo do número da linha a ser criada

16579 — byte menos significativo do número da linha a ser criada

16600 — código do caractere na nova linha REM

16515 — byte mais significativo do número de zeros da linha

NOTA: no Ringo o código do REM é 249.

APÊNDICE B

TABELA DE CARACTERES

0	00		24	18	/	48	30	K
1	01	▘	25	19	;	49	31	L
2	02	▝	26	1A	,	50	32	M
3	03	▀	27	1B	.	51	33	N
4	04	▖	28	1C	0	52	34	O
5	05	▌	29	1D	1	53	35	P
6	06	▞	30	1E	2	54	36	Q
7	07	▛	31	1F	3	55	37	R
8	08	▒	32	20	4	56	38	S
9	09	▒	33	21	5	57	39	T
10	0A	▒	34	22	6	58	3A	U
11	0B	"	35	23	7	59	3B	V
12	0C	£	36	24	8	60	3C	W
13	0D	$	37	25	9	61	3D	X
14	0E	:	38	26	A	62	3E	Y
15	0F	?	39	27	B	63	3F	Z
16	10	(	40	28	C	64	40	RND
17	11	)	41	29	D	65	41	INKEY$
18	12	>	42	2A	E	66	42	PI
19	13	<	43	2B	F	67	43	?
20	14	=	44	2C	G	68	44	?
21	15	+	45	2D	H	69	45	?
22	16	-	46	2E	I	70	46	?
23	17	*	47	2F	J	71	47	?

72 48 ?	96 60 ?	120 78 ?
73 49 ?	97 61 ?	121 79 ?
74 4A ?	98 62 ?	122 7A ?
75 4B ?	99 63 ?	123 7B ?
76 4C ?	100 64 ?	124 7C ?
77 4D ?	101 65 ?	125 7D ?
78 4E ?	102 66 ?	126 7E ?
79 4F ?	103 67 ?	127 7F ?
80 50 ?	104 68 ?	128 80 
81 51 ?	105 69 ?	129 81 
82 52 ?	106 6A ?	130 82 
83 53 ?	107 6B ?	131 83 
84 54 ?	108 6C ?	132 84 
85 55 ?	109 6D ?	133 85 
86 56 ?	110 6E ?	134 86 
87 57 ?	111 6F ?	135 87 
88 58 ?	112 70 ?	136 88 
89 59 ?	113 71 ?	137 89 
90 5A ?	114 72 ?	138 8A
91 5B ?	115 73 ?	139 8B
92 5C ?	116 74 ?	140 8C 
93 5D ?	117 75 ?	141 8D 
94 5E ?	118 76 ?	142 8E
95 5F ?	119 77 ?	143 8F

144 90 	168 A8 	192 C0 "
145 91	169 A9	193 C1 AT
146 92 	170 AA 	194 C2 TAB
147 93 	171 AB	195 C3 ?
148 94	172 AC 	196 C4 CODE
149 95 	173 AD 	197 C5 VAL
150 96	174 AE	198 C6 LEN
151 97 	175 AF 	199 C7 SIN
152 98	176 B0	200 C8 COS
153 99 	177 B1 	201 C9 TAN
154 9A 	178 B2	202 CA ASN
155 9B	179 B3 	203 CB ACS
156 9C 	180 B4	204 CC ATN
157 9D	181 B5 	205 CD LN
158 9E 	182 B6 	206 CE EXP
159 9F	183 B7	207 CF INT
160 A0 	184 B8 	208 D0 SQR
161 A1	185 B9	209 D1 SGN
162 A2 	186 BA 	210 D2 ABS
163 A3 	187 BB	211 D3 PEEK
164 A4	188 BC	212 D4 USR
165 A5	189 BD	213 D5 STR$
166 A6	190 BE	214 D6 CHR$
167 A7	191 BF	215 D7 NOT

216 D8 **	229 E5 FAST	242 F2 PAUSE
217 D9 OR	230 E6 NEW	243 F3 NEXT
218 DA AND	231 E7 SCROLL	244 F4 POKE
219 DB <=	232 E8 CONT	245 F5 PRINT
220 DC >=	233 E9 DIM	246 F6 PLOT
221 DD <>	234 EA REM	247 F7 RUN
222 DE THEN	235 EB FOR	248 F8 SAVE
223 DF TO	236 EC GOTO	249 F9 RAND
224 E0 STEP	237 ED GOSUB	250 FA IF
225 E1 LPRINT	238 EE INPUT	251 FB CLS
226 E2 LLIST	239 EF LOAD	252 FC UNPLOT
227 E3 STOP	240 F0 LIST	253 FD CLEAR
228 E4 SLOW	241 F1 LET	254 FE RETURN
		255 FF COPY

APÊNDICE C
APÊNDICE D

VALORES DO TECLADO & VARIÁVEIS DO SISTEMA

VALORES DO TECLADO

Como foi mostrado no capítulo 5, quando da explicação da sub-rotina KSCAN, é o seguinte o conteúdo que retorna no par de registradores HL.

TECLA	CONTEÚDO DE HL EM HEXADECIMAL	
	(sem shift)	FCF7
1	FDE7	(com shift)
2	FBF7	FAF7
3	F7F7	F6F7
4	EFF7	EEF7
5	DFF7	DEF7
6	DFEF	DEEF
7	EFEF	EEEF
8	F7EF	F6EF
9	FBEF	FAEF
Ø	FDEF	FCEF
Q	FDBF	FCBF
W	FBFB	FAFB
E	F7FB	F6FB
R	EFFB	EEFB
T	DFFB	DEFB
Y	DFDF	DEDF
U	EFDF	EEDF
I	F7DF	F6DF
O	FBDF	FADF
P	FDDF	FCDF
A	FDFD	FCFD
S	FBFD	FAFD
D	F7FD	F6FD
F	EFFD	EEFD
G	DFFD	DEFD
H	DFBF	DEBF
J	EFBF	EEBF
K	F7BF	F6BF
L	FBBF	FABF
N/L	FDBF	FCBF
Z	FBFE	FAFE
X	F7FE	F6FE
C	EFFE	EEFE
V	DFFE	DEFE
B	DF7F	DE7F
N	EF7F	EE7F
M	F77F	F67F
•	FB7F	FA7F
espaço	FD7F	FC7F

VARIÁVEIS DO SISTEMA

Damos a seguir uma tabela que resume as principais características das variáveis do sistema operacional dos microcomputadores compatíveis com o ZX-81. Para maiores detalhes sobre o significado exato de cada variável recomendamos ao leitor a consulta ao manual do microcomputador.

As variáveis do sistema operacional ocupam as posições de memória RAM 16384 a 16508, inclusive. Essas variáveis são escritas na RAM pelo programa monitor e servem para indicar à máquina aquelas condições operacionais que variam em função do programa.

NOME	ENDEREÇO		N.° DE	COMENTÁRIOS
	DECIMAL	HEXADECIMAL	BYTES	
ERR.NR	16384	4000	1	
FLAGS	16385	4001	1	Flags do Basic
ERR.SP	16386	4002	2	Início do Stack
RAMTOP	16388	4004	2	Endereço do primeiro byte do BASIC
MODE	16390	4006	1	Indica tipo de cursor
PPC	16391	4007	2	
VERSN	19393	4009	1	
E.PPC	16394	400C	2	N.° da linha atual
D.FILE	16396	400A	2	Início da área do PRINT
DF.CC	16398	400E	2	Endereço do PRINT
VARS	16400	4010	2	Início da área de variáveis
DEST	16402	4012	2	Endereço da variável a ser atribuída
E.LINE	16404	4014	2	
CH.ADD	16406	4016	2	Endereço do próximo caracter a ser interpretado
X.PTR	16408	4018	2	
PIL FUN	16410	401A	2	Início da pilha para cálculo
PIL MIM	16412	401C	2	Fim da pilha para cálculo

BERG	16414	401E	1	Registrador do calculador
MEM	16415	401F	2	
SPARE 1	16417	4021	1	Byte vago
DF.SZ	16418	4022	1	N.° de linhas na parte inferior da tela
S.TOP	16419	4023	2	
LAST.K	16421	4025	2	Última tecla pressionada
DB.ST	16423	4027	1	
MARGIN	16424	4028	1	
NXT LIN	16425	4029	2	Próxima linha a ser executada
OLD PPC	16427	402B	2	
FLAGX	16429	402D	1	Flags do Basic
STRLEN	16430	402E	2	
T.ADDR	16432	4030	2	
SEED	16434	4232	2	Semente de RND
FRAMES	16436	4234	2	Contador de tempo
COORX	16438	4036	1	Coord X do último PLOT
COORY	16439	4037	1	Coord. Y do último PLOT
PR.CC	16440	4038	1	
COLPR	16441	4039	1	N.° de coluna para PRINT
LINPR	16442	403A	1	N.° de linha para PRINT
CDFLAG	16443	403B	1	Flags
PRBUFF	16444	403C	33	Buffer para impressora
MEMBOT	16477	405D	30	Área de memória para cálculo
SPAREZ	16507	407B	2	Bytes vagos

APÊNDICE E

MAPA DA MEMÓRIA

0000 — Inicialização do Sistema
0008 — Manipulação de erros
0010 — Rotina que imprime um caractere
0018 — Carrega no acumulador o byte apontado pela variável no endereço 16406
0020 — Carrega no acumulador o próximo byte apontado pela variável no endereço 16406
0028 — Rotina de Cálculo
0030 — Incrementa a área de variáveis com os números de byte em BC
0038 — Rotina de interrupção para mostrar na tela uma linha
0066 — Rotina de interrupção para mostrar a tela no modo SLOW
007E — Tabelas dos caracteres normas do teclado
00A5 — Tabela dos caracteres SHIFT do teclado
00CC — Tabela das funções do BASIC
00F3 — Tabela dos caracteres gráficos
0111 — Tabela das palavras-chaves do BASIC
01FC — Rotina de atualização dos comandos SAVE e LOAD
0207 — Rotina de determinação da velocidade (SLOW ou FAST)
0229 — Rotina principal do display
0292 — Rotina do display no modo SLOW
02B5 — Rotina do display no modo FAST
02BB — Rotina de varredura do teclado
02E7 — Rotina de RESET do SCL
02F4 — Comando SAVE
0340 — Comando LOAD
03A2 — Teste de BREAK do comando LOAD
03C3 — Comando NEW
0419 — Rotina de edição das linhas de programação
0454 — Rotina do cursor
04B2 — Rotina de execução do programa em BASIC
052B — Rotina de construção do Sistema E-LINE
05C4 — Rotina de ordenação da edição
063E — Rotina principal de edição
072C — Comando LLIST
0730 — Comando LIST
0745 — Rotina de impressão de uma linha BASIC
07BD — Rotina de decodificação do teclado
07F1 — Rotina de impressão de um caractere
0808 — Rotina de impressão de um caractere no vídeo
0851 — Coloca um caractere no buffer da impressora
0869 — Comando COPY
08F5 — Teste dos parâmetros de PRINT AT

0918 — Rotina de expansão do display
094B — Rotina de impressão das palavras-chaves do BASIC
09AD — Rotina de organização das variáveis
09D8 — Determinação do endereço de uma linha de programa
0A2A — Comando CLS
0A98 — Rotina de impressão do número da linha
0ACB — Comando LPRINT
0ACF — Comando PRINT
0B6B — Rotina de impressão de uma string
0BAF — Comando PLOT e UNPLOT
0C0E — Comando SCROLL
0C29 — Tabela de sintaxe dos comandos
0CDC — Comando STOP
0DAB — Comando IF
0DB9 — Comando FOR
0E2E — Comando NEXT
0E6C — Comando RAND
0E7C — Comando CONT
0E81 — Comando GOTO
0E92 — Comando POKE
0ED8 — Comando RETURN
0F23 — Comando FAST
0F2B — Comando SLOW
0F32 — Comando PAUSE
0F46 — Teste de BREAK do comando SAVE
1321 — Comando LET
1409 — Comando DIM
149A — Comando CLEAR
151D — Arquiva o acumulador do Stack do calculador
1520 — Arquiva o par BC no Stack do calculador
158A — Rotina de manipulação dos cálculos de ponto flutuante
174C — Rotina de subtração para números de 5 bytes
1755 — Rotina de adição para números de 5 bytes
1706 — Rotina de multiplicação para números de 5 bytes
1882 — Rotina de divisão para números de 5 bytes
1815 — Tabela das funções
199D — Calculador de ponto flutuante
1E00 — Tabela de definição dos caracteres
4000 — Início da RAM
4082 — Início do programa em BASIC
DFILE — Início do arquivo de tela
VARS — Início da região de variáveis

ELINE — Linha sendo digitada + espaço de trabalho
PILFUN — Início da pilha de cálculo
PILFIM — Início da pilha de cálculo
SP — Início da pilha para endereçar sub-rotinas
RAMTOP — Início do espaço que pode ser reservado para rotinas em linguagem de máquina

APÊNDICE F

SUBROTINAS DE CÁLCULO

LITERAL	NOME	ENDEREÇO
(hexadecimal)		(hexadecimal)
01	TROCA	1A72
02	APAGA	19E3
03	SUBTRAÇÃO	174C
04	MULTIPLICAÇÃO	17C6
05	DIVISÃO	1882
06	POTENCIAÇÃO	1DE2
07	OU	1AED
08	E	1AF3
0F	SOMA	1755
18	MUDA SINAL	1AA0
1C	SENO	1D49
1D	COSSENO	1D3E
1E	TANGENTE	1D6E
1F	ARCO-SENO	1DC4
20	ARCO-COSSENO	1DD4
21	ARCO-TANGENTE	1D76
22	LN (Logaritmo neperiano)	1CA9
23	EXPOENTE	1C5B
24	INTEIRO	1C46
25	RAIZ QUADRADA	1DDB
26	SINAL	1AAF
27	MÓDULO	1AAA
28	PEEK	1ABE
29	USR	1AC5
2C	NÃO	1AD5
2D	DUPLICAÇÃO	19F6
2E	Y MÓDULO X	1C37
32	MENOR QUE ZERO	1ADB
33	MAIOR QUE ZERO	1ACE
34	FIM CÁLCULO	002B
35	ARGUMENTO REDUZIDO	1D18
36	ARREDONDAMENTO PARA ZERO	18E4
A0	COLOCA ZERO	1A51
A1	COLOCA UM	1A51
A2	COLOCA MEIO	1A51
A3	COLOCA $\pi/2$	1A51
A4	COLOCA DEZ	1A51
C0 a C5	ARMAZENA NA MEMÓRIA PARA CÁLCULO	1A63
E0 a E5	LÊ NA MEMÓRIA PARA CÁLCULO	1A45

Caro leitor:

Se você quiser receber gratuitamente o boletim informativo da editora URANIA, contendo jogos, programas e novidades, envie seu nome e endereço completos para:

URANIA - RAND USR
Av. Faria Lima, 1451 cj 31
CEP 01451

impresso na
planimpress gráfica e editora
rua anhaia, 247 - s.p.

USANDO LINGUAGEM DE MÁQUINA

- Uma obra original realmente didática para aprendizado e consulta.
- Muitas dicas para o uso de linguagem de máquina em computadores compatíveis com Sinclair (Ringo, ZX-81, CP-200, TS-1000, NEZ-8000, TK-82C, TK-85, TK-83).
- Como usar as sob-rotinas da ROM, inclusive para cálculos científicos.
- Sugestões para o uso "balanceado" do BASIC e da linguagem de máquina.
- Muitos programas em linguagem de máquina disassemblados e comentados linha por linha:

  MESTRE 2 — Um monitor totalmente em linguagem de máquina que se auto-desloca para a posição mais conveniente da RAM.
  JOGO DE PALITOS — Um exemplo interessantíssimo de algoritmo binário para estabelecer uma estratégia inteligente.
  UM PLOT RÁPIDO — Como desenvolver uma sub-rotina muito melhor que a já existente na ROM e muitos outros, inclusive com um jogo auto-programável (inteligência artificial).

Mario Schaeffer é o que poderíamos chamar de "executivo de alto nível".

Formado em Engenharia Eletrônica no ITA e com curso de mestrado na POLI (SP), trabalhou como analista de sistemas e pesquisador em projetos espaciais (INPqE).

No Brasil, porém, todo engenheiro bem sucedido deixa de ser engenheiro. Seguindo este roteiro, Mário passou a ser o eficiente gerente de Marketing de uma Multinacional, dedicando-se mais à análise de mercado que ao cálculo diferencial.

Mesmo no Brasil, porém, as pessoas inteligentes não deixam de sê-lo, e o Mário, para sorte de muitos aficcionados conservou o hobby da computação.

Este volume é o resultado da paixão que o Mário dedicou a um microcomputador da linha SINCLAIR com 2k de RAM.

Nele o Mário mostra, com muita inteligência e didática como fazer verdadeiros milagres de programação utilizando Linguagem de Máquina, fornecendo muitíssimos exemplos de aplicações e brindando o leitor com uma série de programas úteis e divertidos.